

REDUCTOR DE EMISIONES DE GASES POR MEDIO DEL CATALIZADOR
SELECTIVO SCR

HARBEY REYES SANCHEZ
ROBINSON JOSE AGUILERA RAMIREZ
SANDRA MILENA BECERRA GONZALEZ

UNIVERSIDAD ECCI
COORDINACION DE INGENIERIA MECANICA
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ
BOGOTA
2016

HARBEY REYES SANCHEZ
ROBINSON JOSE AGUILERA RAMIREZ
SANDRA MILENA BECERRA GONZALEZ

Trabajo de grado para optar el título de Tecnólogo en mecánica automotriz

Director

Msc. Esp. Ing. Armando Alfredo Hernández Martín

UNIVERSIDAD ECCI
COORDINACION DE INGENIERIA MECANICA
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ
BOGOTA
2016

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Febrero 29 de 2016.

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi carrera y darme la fortaleza para no desfallecer ante las adversidades, a mis padres Myriam Gonzalez y Leonel Sánchez que con su apoyo incondicional me han acompañado en este largo camino; a mis hermanos Deysi, Yeison y Alex Becerra Gonzalez que siempre han tenido palabras de apoyo cuando las he necesitado, a mis amigos con los que he compartido parte de mi formación y a quienes les debo muchas de las experiencias vividas, dentro y fuera de mi carrera. A todos mil y mil gracias por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida.

SANDRA MILENA BECERRA GONZALEZ.

De antemano y principalmente a Dios, por enfocarme en este camino. Que aunque no ha sido fácil y con todos los obstáculos que se me han presentado, siempre me acompaña y me enseña que cada una de las metas obtenidas con esfuerzo, sacrificio y constancia serán satisfactorias. Y a pesar de que muchas veces caemos, siempre estará él para tendernos la mano para levantarnos y seguir adelante. A mis familiares y la gente que me rodea ya que me han motivado para no desfallecer y continuar con el camino que decidí tomar.

HARBEBY REYES SANCHEZ.

A Dios, quien se ha hecho presente en mi vida con maravillosas manifestaciones de amor y bondad. A mi madre Doris Oliva Ramírez González, quien me dio la vida y dedico su esfuerzo a sacarnos adelante pese a la adversidad. A mi hermano Nelson Aguilera, que en momentos difíciles ha tenido palabras de apoyo para este reto. A mi esposa Leonor Cano, pues ha sido mi apoyo incondicional desde el primer día de universidad. A mis compañeros de proyecto Sandra Becerra y Harbey Reyes, por su dedicación y esfuerzo, pues sin ellos, este proyecto no sería posible. Y sin duda alguna a mi hijo Simón, regalo maravilloso de vida y por quien vale la pena luchar.

ROBINSON JOSE AGUILERA RAMIREZ

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A la universidad ECCI, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica y a todos los que pertenecen a esta, por permitirnos ejecutar este proyecto y poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante esta etapa educativa y poder formar parte de esta comunidad educativa.

Al Msc. Esp. Ing. Armando Alfredo Hernández Martínez por ser nuestro director de proyecto, que con su paciencia, conocimiento, apoyo, su habilidad para guiarnos y enfocarnos durante este proceso nos deja un gran aprendizaje no solo en el campo escolar, sino también en lo profesional y espiritual.

Finalmente a Joaquín Arias quien gracias a su valioso conocimiento y a sus años de trabajo nos orientó en cada una de las dudas presentadas durante la elaboración de este proyecto.

CONTENIDO

LISTA DE ILUSTRACIONES

LISTA DE TABLAS

GLOSARIO

INTRODUCCION	3
1. MOTOR DIESEL ULTIMA GENERACION.....	4
1.1. COMBUSTION DIESEL	4
1.2. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION	5
1.3. TECNOLOGIA DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION	5
2. EMISIONES DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION.	6
2.1. EMISIONES CONTAMINANTES DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION.	6
2.2. COMPOSICION DE LOS GASES DE ESCAPE.....	7
2.3. OXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	9
3. FILTRACION DE LOS GASES DE ESCAPE.....	9
3.1. DOC (CATALIZADOR DE OXIDACION DIESEL)	10
3.1.1. Funcionamiento	10
3.1.2. Tipos.....	10
3.2. DPF (FILTRO DE PARTICULAS DIESEL)	11
3.2.1. Funcionamiento	11
3.2.2. Tipos.....	12
3.3. REDUCCION CATALITICA SELECTIVA SCR.....	12
3.3.1. Urea de Amonio.....	14
4. NORMAS	16
4.1. NORMA EUROPEA.....	16
4.1.1. EURO I – IV	16
4.1.2. EURO V – VI.....	18
4.2. NORMA EPA.....	21
4.3. NORMA AMBIENTAL COLOMBIANA	23
4.3.1. RESOLUCIÓN 0910 DE 2008	23
4.3.2. RESOLUCIÓN 1304 DE 2012	30
4.3.3. Ley 1205 de 2008 o “Ley del Diésel.....	39
4.3.4. NORMA NTC 4231	41

5. IMPACTO AMBIENTAL	44
5.1 EFECTOS DE LOS EXCESOS DE NO _x	44
6. APLICACIONES DEL CATALIZADOR SELECTIVO SCR	46
6.1 TIPOS DE VEHICULOS	46
Bibliografía	49

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Motor Diésel Cayenne	4
Ilustración 2. Sistema de Escape Cayenne Diésel.....	6
Ilustración 3. Componentes químicos de los gases de escape.....	7
Ilustración 4. Componentes químicos del hollín.....	8
Ilustración 5. DOC (Catalizador de Oxidación Diésel)	10
Ilustración 6. DPF (Filtro de Partículas Diésel)	11
Ilustración 7. Proceso de Canalización.	13
Ilustración 8. Sistema Catalizador.....	13
Ilustración 9. Depósito de Urea de Amonio.....	14
Ilustración 10. Comparativo de las normas EURO – EPA	22
Ilustración 11. Cronología de las normas de emisiones en vehículos pesados adoptadas por país.	23
Ilustración 12. Comparativo de la Ley Diésel	41
Ilustración 13. Funcionamiento del catalizador selectivo SCR.....	46
Ilustración 14. Comparativo de los sistemas en vehículos DAF.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comportamiento de los gases en diferentes estados de aceleración del vehículo.....	8
Tabla 2. Comportamiento de los gases siglo XX.	9
Tabla 3. Legislación Euro III - IV.....	17
Tabla 4. Límites para vehículos de pasajeros con motor diésel desde Euro I a Euro IV	18
Tabla 5. Legislación Euro V - VI.....	19
Tabla 6. Límites para vehículos de pasajeros con motor diésel desde Euro V - VI	19
Tabla 7. Ciclo de prueba de ESC y ELR	20
Tabla 8. Ciclo de prueba de ETC.....	20
Tabla 9. Límites máximos de opacidad permisibles para vehículos Diésel.	27
Tabla 10. Límites máximos de emisiones vehículos livianos y medianos accionados con Diésel (EPA).....	29
Tabla 11. Límites máximos de emisiones para vehículos pesados accionados con Diésel. (EPA)	29
Tabla 12. Límites máximos de emisión para vehículos livianos y medianos accionados con Diésel (EURO)	29
Tabla 13. Límites máximos de emisión para vehículos pesados accionados con Diésel (EURO).	30
Tabla 14. Límites máximos de opacidad para vehículos accionados con Diésel en aceleración libre.....	38
Tabla 15. Límites máximos de emisiones permisibles para motores ciclo Diésel de vehículos pesados, evaluados mediante ciclos de la Unión Europea (ESC y ELR) en g/kw-h.	38
Tabla 16. Límites máximos de emisión permisibles para motores ciclo Diésel de vehículos pesados, evaluados mediante ciclos de Estados Unidos (Ciclo Transitorio de Servicio Pesado y ciclos complementarios) (g/bhp-h).....	39

GLOSARIO

Adblue: Es un líquido incoloro altamente purificado. Contiene agua desmineralizada y urea. Es una marca comercial y puede cambiar de nombre comercial su componente activo es el amoníaco, que se forma por la acción de la urea.

Catalizador: Componente del motor que sirve para el control y reducción de los gases nocivos expulsados por el motor.

Diesel: Hidrocarburo líquido, compuesto por parafinas y utilizado como combustible en calefacción y en motores diesel.

Emisiones: Fluidos, gaseosos o puros o son sustancias en suspensión, que se emanan como residuos o productos de la actividad humana o natural.

Filtro de Partículas: Dispositivo conectado al sistema de escape y está diseñado para eliminar las partículas de hollín de los gases de escape de un motor diésel.

Hollín: Partículas sólidas de tamaño muy pequeño, en su mayoría compuestas de carbono impuro pulverizado y generalmente de colores, resultantes de la combustión incompleta de un material.

Motor: Parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

Norma: Termino que proviene del latín y significa “escuadra”. Es una regla que debe ser respetada y que permite ciertas conductas o actividades.

Óxidos: Compuesto binario formado por oxígeno u otros elementos, los elementos forman combinaciones estables con el oxígeno y varios estados de oxidaciones.

SCR: Reducción Catalítica Selectiva, proceso que se basa en la reducción química de la molécula de NOx, emperando un catalizador a base de platino con sitios activados para incrementar la velocidad de la reacción de reducción.

INTRODUCCION

En la actualidad se busca la implementación de estrategias pedagógicas como alternativas de aprendizajes, facilitando la comprensión de los diversos temas que comprenden las emisiones de gases de los motores Diésel y como deben ser controladas y disminuir el impacto ambiental que estos provocan.

Lo que se busca es el ensamblaje de un modelo a escala de motor de combustión interna, el cual contiene un sistema reductor de emisión de gases SCR, el cual se compone de componentes como las unidad de NOx, un depósito de Adblue y un catalizador el cual dentro de un sistema real se realizaría la conversión de gases del escape que contienen los óxidos de nitrógeno y nitrógeno, convirtiéndolos en vapor de agua.

Se aporta en conocimiento y comprensión de este sistema utilizado en los vehículos diésel dentro del marco de la normatividad de las Uniones Europeas, Estado Unidenses y como se adaptan a la normatividad Colombiana.

1. MOTOR DIESEL ULTIMA GENERACION

Estos motores se caracterizan por su sistema de alimentación, por la forma en que realizan la combustión, y su alto rendimiento al conseguir trabajar a presiones de inyección muy elevadas obteniendo un mayor rendimiento y un mejor aprovechamiento del combustible.



Ilustración 1. Motor Diésel Cayenne

1.1. COMBUSTION DIESEL

Los motores Diésel solamente comprimen aire por lo que su relación de compresión es mayor, siendo introducido el combustible a una presión muy elevada en el tiempo de trabajo para producir la combustión Diésel, son conocidos como motores de encendido por compresión, el ciclo de cuatro tiempos de un motor consiste:

- Admisión de aire en el cilindro
- Compresión del aire en la cámara de compresión
- Inyección de combustible a presión que al entrar en contacto con el aire a elevada temperatura, produce la combustión.
- Expansión de gases quemados en el interior del cilindro
- Descarga espontanea de los gases quemados en el cilindro, por la apertura de la válvula de gases de escape.

La función primordial de los sistemas de control de emisiones es la de disminuir la salida de los gases contaminantes, en unos porcentajes determinados por leyes expedidas para tal fin en cada país donde inclusive se especifica para cada ciudad.

1.2 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION

Las siguientes generaciones de motores proporcionan un aumento de potencia y par motor, así como la reducción del consumo, se cuenta con una sobrealimentación con un turbocompresor de emisiones de escape e inyección directa Common Rail con inyectores piezoeléctricos y una presión de inyección máxima con rangos entre 1400 bar a 1800 bar, se cuenta con un sistema de escape para la optimización de emisiones de acuerdo a las normas ambientales vigentes, que se encarga de la disminución de las partículas, reduce la emisión de óxido nitrógeno utilizando la reducción catalítica selectiva (SCR).

1.3. TECNOLOGIA DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION

La evolución que han tenido los motores diésel se han producido en la última década, los principales avance que se encuentran son:

- Turbo: Lo que se busca es aprovechar la energía perdida por los gases de escape para suministrar más potencia a los motores
- Inyección Directa: El motor turbo diésel de inyección directa realiza su mezcla en el propio cilindro lo que permite usar menos carburante y más aire, alcanzar elevadas prestaciones, bajos consumos y menos contaminación y ruido.
- Multiválvulas: Lo que se busca es maximizar la sección de paso en el área disponible en la cámara de combustión y así favorecer el proceso de combustión
- Geometría Variable: Permite la optimizar el funcionamiento a bajas revoluciones del turbo, contando con más potencia y mejorando su elasticidad.
- Common Rail: Es un sistema donde la inyección del carburante se realiza en una presión ideal constante de forma independiente en cada uno de los inyectores e incluso por etapas, sin importar el régimen de utilización del motor.

El desarrollo de los futuros motores diésel es que prioriza el perfeccionamiento del potencial de presión en todos sus sistemas, ya que una presión elevada permite mejorar el tratamiento del combustible reduciendo la emisión de contaminantes.

Se busca el continuo mejoramiento de los procesos de inyección a través de reguladores piezoeléctricos; con un sistema más compacto que facilita una inyección múltiple con intervalos entre las diversas inyecciones.

También se consigue el desarrollo de la gestión electrónica del motor, desarrollando procesadores 32 bits, lo que hace que su capacidad de cálculo sea

multiplicado, se cuenta con la regulación lambda que permite una dosificación exacta de la cantidad de combustible que se debe inyectar, lo que se consigue es medir la relación de aire/combustible presentes en el gas de escape, controlando la cantidad a inyectar y la cantidad de gases a recuperar.

Se reduce también el ruido en la combustión, haciendo que el líquido pase por una bujía incandescente cerámica tipo espiga, que logra temperaturas de precalentamiento cercanos a los 1200°C en un breve periodo de tiempo (dos segundos aproximadamente), logrando que su consumo de energía sea bastante bajo comparada con las actuales.

2. EMISIONES DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION.

Los niveles de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC) y las partículas sólidas, conocidas comúnmente como humos son características importantes de la operación del motor.

2.1. EMISIONES CONTAMINANTES DEL MOTOR DIESEL DE ÚLTIMA GENERACION.

Las emisiones de gases del motor diésel es el resultado del proceso de combustión de un motor, resultando diferentes tipos de gases, algunos contaminantes o nocivos para el medio ambiente y otros no.

La combustión completa en un motor diésel tiene como resultado la salida de dióxido de carbono y agua compuestos inocuos para el medio ambiente; pero realmente ni el motor más moderno llega a tal perfección de no emitir estos gases contaminantes.

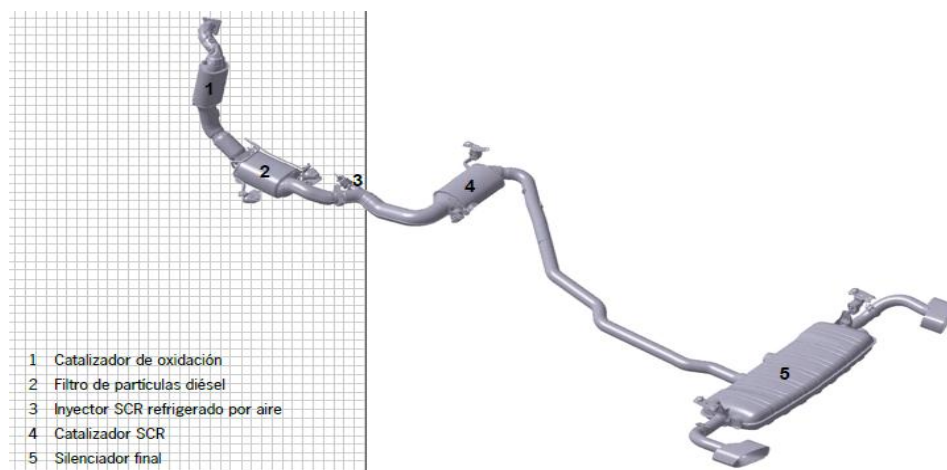


Ilustración 2. Sistema de Escape Cayenne Diésel.

Los motores diésel aportan más contaminantes al medio ambiente que un motor de combustión convencional; ya que este tipo de motores emitían mayor residuos contaminantes por falta de controles. En esos tiempos los motores diésel eran los menos contaminantes, pero en la actualidad con la entrada de controles electrónicos a la gestión de alimentación de un motor convencional y las nuevas normas ambientales, los motores diésel pasan a ser el mayor contaminante en emisiones.

2.2 COMPOSICION DE LOS GASES DE ESCAPE

También conocidos como gases de diésel, estas emisiones se componen de una mezcla compleja de gases y de partículas de diésel, los componentes son:

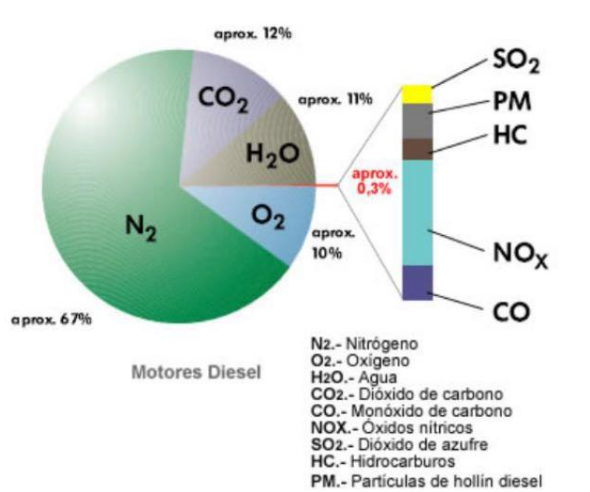


Ilustración 3. Componentes químicos de los gases de escape.

- Monóxido de Carbono (CO), los motores diésel emanan menor cantidad de monóxidos que un motor convencional, sin embargo la elevada admisión de aire al motor es la responsable de la producción de este.
- Hidrocarburos (HC), los motores diésel tienen elevada formación de hidrocarburos ya que en la inyección queda combustible sin quemar a una temperatura ideal, esto se debe a que este tipo de motores de encendido por presión y no contar con un medio externo para iniciar la combustión.
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x), los motores diésel son altamente productores de óxidos de nitrógeno, ya que estos se producen en altas cantidades cuando se alcanzan temperaturas de combustión muy elevadas, puesto que este tipo de motores manejan altas temperaturas.
- Material Particulado (MP), son todas aquellas partículas sólidas y líquidas suspendidas en el medio gaseoso y su composición química incluye al

carbón elemental (hollín), a excepción del agua que no se considera material particulado.

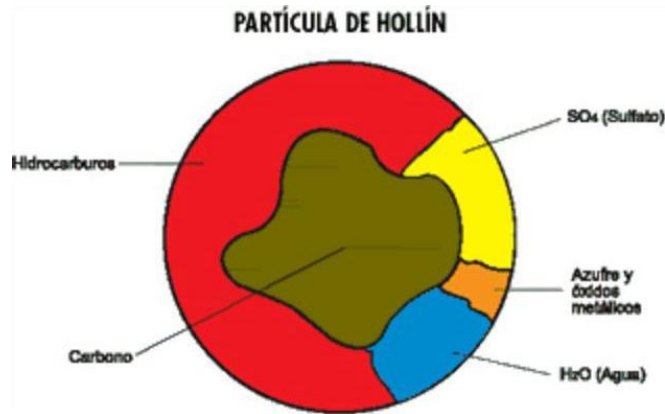


Ilustración 4. Componentes químicos del hollín.

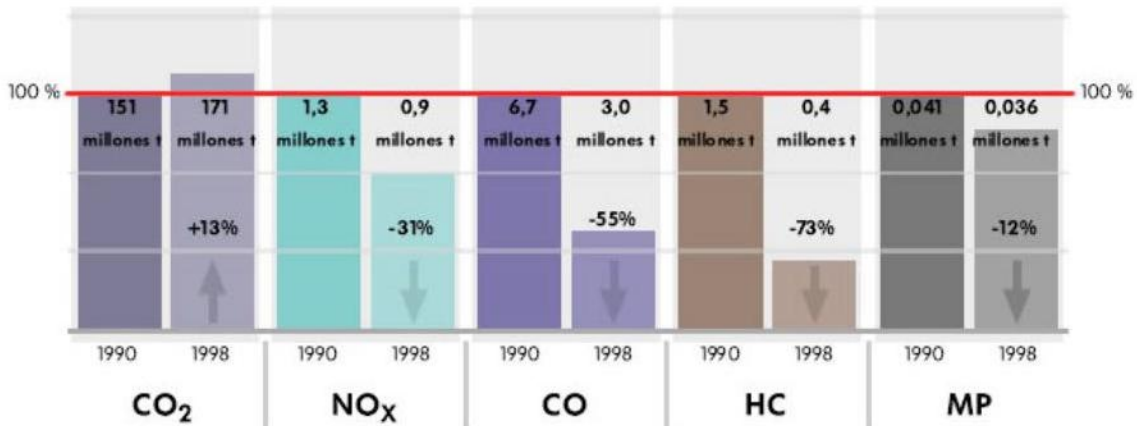
Los motores diésel son los que más aportan este MP este es evidente a simple vista como el humo negro de los escapes, el MP (carbón) se produce por falta de utilización de combustible quemado, es decir el combustible se quema pero este debe completar el ciclo de combustión volviéndose energía calorífica y así enviar el pistón hacia abajo con la mayor fuerza posible, pero al no cumplirse este proceso está sale por la válvula de escape quemado en forma de hollín.

- Nitrógeno (N_2), es un gas no combustible y componente esencial del aire que respiramos, esto alimenta el proceso de la combustión junto con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape y solo en una pequeña parte se combina con el oxígeno y se convierte en óxidos nítricos.

Tabla 1. Comportamiento de los gases en diferentes estados de aceleración del vehículo.

COMPOSICION MEDIA DE LOS GASES DE ESCAPE						
Régimen de funcionamiento	Hidrocarburos no quemados, ppm	Monóxido de carbono, % vol.	Oxido de nitrógeno, ppm	Hidrógeno, % vol.	Anhidrido carbónico, % vol.	Agua, % vol.
Al mínimo	750	5.2	30	1.7	9.5	13.0
Velocidad de crucero	300	0.8	1.500	0.2	12.5	13.1
Aceleraciones	400	5.2	3.000	1.2	10.2	13.2
Deceleraciones	4.000	4.2	60	1.7	5.5	13.0

Tabla 2. Comportamiento de los gases siglo XX.



2.3. OXIDOS DE NITROGENO (NO_x)

Los óxidos estables del nitrógeno incluyen el N₂ O (óxido nitroso), NO (monóxido de nitrógeno), N₂ O₃ (trióxido de nitrógeno), NO₂ (dióxido de nitrógeno) y N₂ O₅ (pentóxido de nitrógeno), también existe una forma inestable el NO₃. De estos los únicos presentes en el atmosfera son el N₂ O, NO Y NO₂ estos tres tipos de óxidos son los mayores contribuyentes a la contaminación del aire.

El óxido nitroso (N₂ O) es un gas inerte con características anestésicas, su concentración ambiental es de 0.50 ppm por debajo del umbral para ocasionar un efecto biológico, su ciclo ambiental es balanceado que es independientemente de los otros óxidos de nitrógeno.

El monóxido de nitrógeno (NO) es un gas incoloro y su concentración ambiental es por lo general menos de 0.5 ppm estas concentraciones en términos de salud humana su toxicidad es insignificante, sin embargo el monóxido de nitrógeno es un precursor de la formación del dióxido de nitrógeno y es un compuesto activo en la formación del neblumo fotoquímica, por lo tanto inician las reacciones que producen los contaminantes del aire.

3. FILTRACION DE LOS GASES DE ESCAPE

El sistema de realimentación de los gases de escape desempeña una función elemental para el cumplimiento de las emisiones de gases. Estos se extraen a través de una conexión de pérdida de presión optimizada de la carcasa del turbocompresor delante de la turbina, la cual es introducida a través de la válvula de retroalimentación de los gases de escape (Válvula EGR) al área de admisión detrás de la mariposa de gases.

Todos los elementos de realimentación de los gases de escape se encuentran montados sobre el módulo EGR. Este se compone de:

- La válvula EGR
- Radiador EGR
- La válvula de derivación
- Sensor de Temperatura de gases de escape de la EGR.

3.1. DOC (CATALIZADOR DE OXIDACION DIESEL)

Como en los motores de gasolina, los vehículos diésel también usan catalizadores para reducir las sustancias nocivas de las emisiones de escape, una vez los gases de escape abandonan el compresor, fluyen hacia el catalizador de oxidación, este se encuentra cerca del motor esto con el fin de que alcance su temperatura de funcionamiento, la integración del catalizador de oxidación en el sistema de escape se representa en las siguientes figuras.

3.1.1. Funcionamiento

En el catalizador se oxida el monóxido de carbono (CO) junto con los hidrocarburos (HC) producción óxidos de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O). Debido al excedente de oxígeno durante la combustión del Diésel no es posible en este punto realizar la reducción de los óxidos de nitrógeno (NO_x).

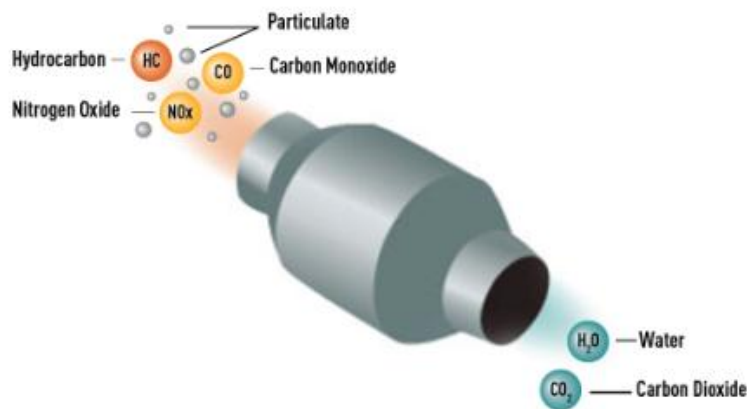


Ilustración 5. DOC (Catalizador de Oxidación Diésel)

3.1.2 Tipos

- Catalizadores “lean NOx” funcionan de modo muy similar a la SCR, es decir, utilizando un agente externo para convertir los NOx en nitrógeno y agua. Los catalizadores “lean NOx” utilizan una inyección extra de combustible diésel que se introduce en el catalizador. Las ventajas son que el diésel ya está a mano en el

vehículo; no obstante, esto reduce el ahorro de combustible y requiere sistemas de vigilancia avanzados. Los catalizadores “lean NOx” reducen los NOx en aproximadamente un 30%, y hasta en un 50% en condiciones adecuadas.

- Absorbedor de NOx

Un absorbedor de NOx almacena los NOx en condiciones de combustión pobre y cuando se alcanza la capacidad de almacenamiento, los NOx se convierten catalíticamente en nitrógeno y agua. Los absorbedores de NOx han resultado eficaces en combinación con los DPF. Los absorbedores de NOx se empobrecen fácilmente con el azufre y por consiguiente requieren un diésel ultra bajo en azufre (<10 ppm). Los absorbedores de NOx NO pueden retro adaptarse. Los absorbedores de NOx reducen considerablemente los NOx (en más del 90%), pero son muy sensibles al empobrecimiento del azufre. Esta tecnología aún se está desarrollando.

3.2. DPF (FILTRO DE PARTICULAS DIESEL)

Para garantizar el post tratamiento de los gases de escape se compone, junto al catalizador de oxidación cercano al motor y el sistema SCR, de un filtro de partículas diésel con revestimiento SCR (para las versiones EURO 6) o un filtro de partículas diésel (BIN5) que reduce las partículas presentes en las emisiones de escape.

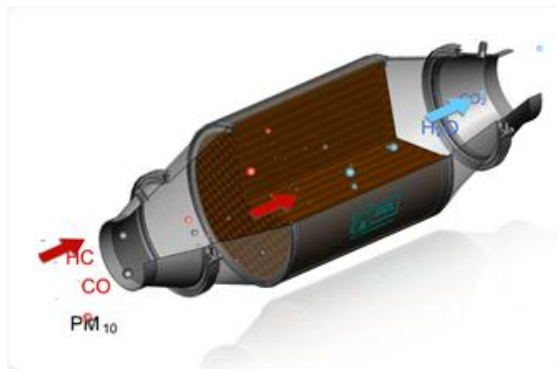


Ilustración 6. DPF (Filtro de Partículas Diésel)

3.2.1. Funcionamiento

Las partículas se forman debido a la combustión en el motor diésel y se almacenan en el filtro de partículas antes de que estas se quemen para la regeneración, este filtra las emisiones de escape y almacena las partículas hasta que la carga del filtro de partículas diésel alcanza el límite de regeneración, la carga de partículas se determina por la contrapresión de las emisiones de escape y por lo tanto en el filtro de partículas, de manera que se pueda realizar la

regeneración de los gases. En caso de que no se alcance la temperatura de combustión en el filtro de partículas diésel, se inicia la regeneración activa mediante una modificación en la estrategia de inyección. De este modo se aumenta la temperatura de las emisiones de escape y las partículas se queman.

3.2.2. Tipos

- Filtración por Wall Flow consiste en un monolito cerámico, con un baño catalizador, con canales largos y estrechos abiertos en un extremo y cerrados en el otro. El gas del escape se ve forzado a salir pasando por las paredes del filtro, donde las partículas de hollín quedan atrapadas. El resultado de este proceso es la retención del hollín en un 99.9%, en presencia de la alta temperatura, el hollín se oxida y limpia el filtro en un proceso denominada regeneración. Sometiendo a las partículas de hollín a las altas temperaturas del escape estas arden y se transforman en dióxido de carbono inocuo.

- Filtración Non Wall Flow, este tipo de filtros trabajan como convertidor catalítico, este tipo de filtros abiertos posee la ventaja de que el filtro no se puede bloquear pero no cuenta con la misma eficiencia del filtrado de 40% a 60%.

- Los filtros partículas sin aditivos se colocan cerca del motor justo después del colector de escape, cerca al turbo para que estén expuestos a la temperatura más alta recién salidas del motor. Suelen necesitar de 600 a 752 °C, de este tipo son la mayoría de los que emplean los fabricantes y en teoría su vida útil es la durabilidad del automóvil

- Los filtros de partículas con aditivo contienen Cerina, suelen colocarse algo más alejado de la línea de escape por que el aditivo que utilizan hacen que se rebaje la temperatura necesaria para que se quemen las partículas acumuladas de NOx; a unos 550 a 650 casi que no es necesario que se ubiquen cerca al colector. Este suele rellenarse cada 80.000 o 120.000 km y esto varía dependiendo del modelo del motor.

3.3. REDUCCION CATALITICA SELECTIVA SCR

El sistema de SCR cuenta con los siguientes componentes principales:

- Un depósito de reserva de AdBlue
- Un juego de tuberías SCR calefactado de dos piezas
- Un inyector SCR refrigerado por agua
- Un sensor de NOx
- Un filtro de partículas diésel con recubrimiento SCR integrado
- Un catalizador de bloqueo pos conectado

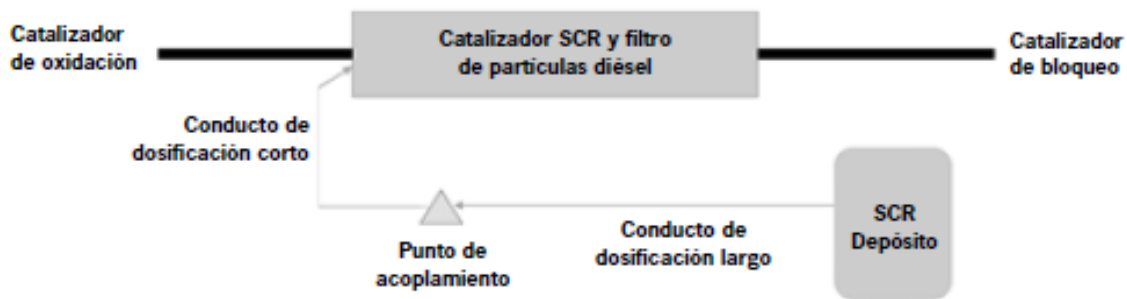


Ilustración 7. Proceso de Canalización.

El método SCR utiliza amoníaco, que se obtiene a bordo del vehículo a partir de la urea. La solución de urea contenida en el depósito de AdBlue se dosifica mediante un inyector y se inyecta antes del catalizador SCR o el filtro de partículas diésel con recubrimiento SCR.

El sensor de NOx sirve para regular la cantidad de urea inyectada en los sistemas SCR en función de la demanda para la reducción de NOx y la supervisión de los componentes SCR (OBD), el núcleo del sensor es cerámico que funciona según el principio de la doble cámara amperimétrica y determina el contenido de NOx en las emisiones de escape.

La mezcla de óxidos de nitrógeno y oxígeno pasan por la salida del filtro de partículas diésel con recubrimiento SCR o del catalizador por las cámaras en el sensor de NOx, puesto que el oxígeno influye en la medición de óxido de nitrógeno, primero debe eliminarse.

El monóxido de carbono (CO) surgido durante la generación del hollín se oxida con el recubrimiento con contenido en metales nobles para formar dióxido de carbono (CO₂). La segunda función del catalizador de bloqueo es impedir que el amoníaco (NH₃) salga del sistema de escape bajo ninguna circunstancia. Para ello el amoníaco (NH₃) se oxida convirtiéndose en nitrógeno (N₂) y vapor de agua (H₂O).

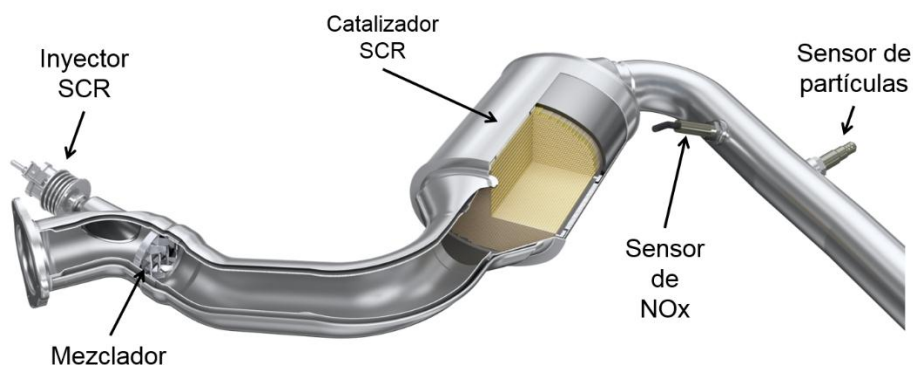


Ilustración 8. Sistema Catalizador.

3.3.1. Urea de Amonio

El AdBlue es un líquido basado en urea empelado en el pos tratamiento de las emisiones de escape para reducir el nivel de óxidos de nitrógenos (NOx) y cumplir así con las estrictas limitaciones.

El Adblue como agente reductor es utilizado en una solución al 32.5% de urea/agua transparente y de alta pureza, este agente reductor no es toxico, no es inflamable, es biodegradable y se encuentra clasificado en el nivel de peligrosidad para el agua más bajo.

Las propiedades de Agente reductor consisten en:

- Se congela a partir de temperaturas de $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$
- A altas temperaturas en torno a $70^{\circ}\text{C} - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ se descompone y puede provocar un olor desagradable debido al amoniaco.
- Los sensores de NOx del sistema de escape detectan la presencia del agente reductor o si existe una sustancia extraña.
- Las fugas de agente reductor cristalizan con sales blancas.
- El agente reductor tiene una baja tensión superficial y llega hasta los sitios más estrechos.

El depósito de reserva del AdBlue cuenta con un módulo de suministro, el módulo de calderin se encuentra integrado al depósito, este módulo cuenta con un dispositivo de filtrado y sensores que supervisan el nivel de llenado y la temperatura. El consumo aproximado es de un litro de AdBlue por cada 1000 km, aunque se puede presentar diferencias de acuerdo al manejo de conducción, los seguimientos a los niveles de AdBlue se indican con una alerta en el ordenador a bordo.

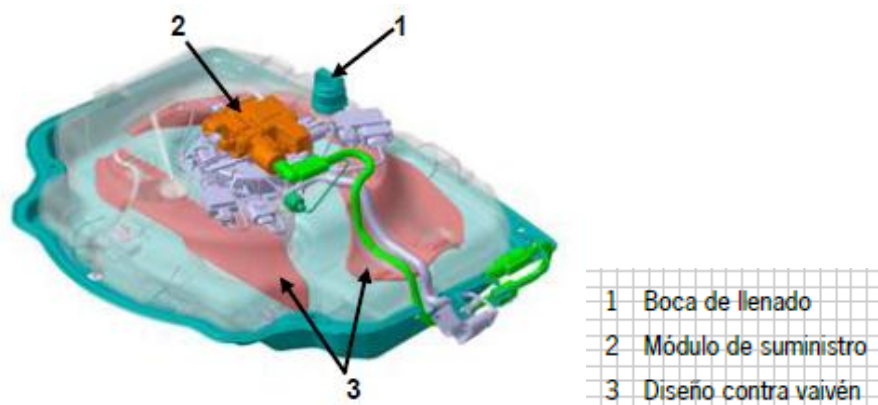
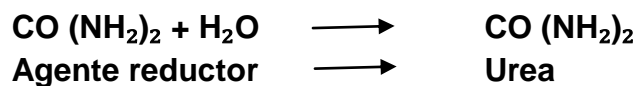


Ilustración 9. Depósito de Urea de Amonio.

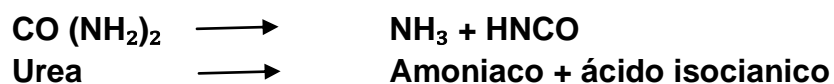
El dispositivo dosificador del agente reductor (Inyector SCR), en el sistema de escape contiene una válvula de control, una válvula de dosificación y un dispositivo de refrigeración, se inyecta la solución de Urea en el tramo de escape posterior al catalizador de oxidación, el inyector cuenta con una camisa de refrigeración atravesada por refrigerante, esta unidad se encarga de refrigerar la válvula de dosificación. La solución de urea se encuentra en el depósito de reserva de AdBlue y se inyecta en la corriente de emisiones de escape dosificada por medio de un inyector y provoca una reacción química en el filtro de partículas diésel con recubrimiento SCR o el catalizador SCR. En ese proceso es transformado los óxidos de nitrógeno (NOx) en nitrógeno (N₂) y vapor de agua (H₂O).

El catalizador SCR se encuentra integrado en el filtro de partículas diésel, el inyector se encuentra después del catalizador de oxidación. Los distintos pasos de la transformación del óxido de nitrógeno consisten en:

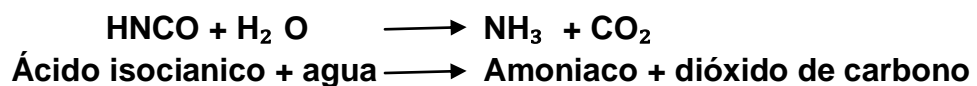
- Se inyecta un agente reductor en una corriente de gas caliente, en primer lugar se evapora el agua:



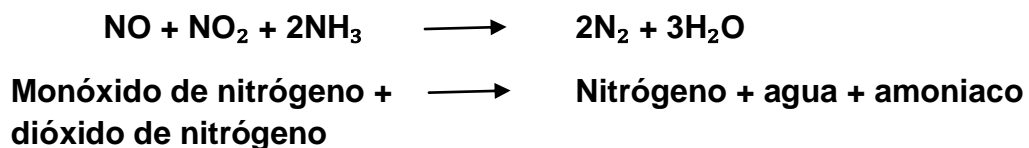
- Luego tiene lugar la termólisis, etapa en la que la urea se descompone en amoníaco y ácido isocianico:



- Si las superficies están muy calientes, el ácido isocianico se puede transformar en dióxido de carbono y otra molécula de amoníaco por medio de hidrólisis:



- El amoníaco se almacena en el filtro de partículas con recubrimiento SCR y reacciona con el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) precedente de la corriente de emisiones de escape convirtiéndose en nitrógeno (N₂) y agua (H₂O),



4. NORMAS

4.1 NORMA EUROPEA

Una norma europea sobre emisión de CO₂ es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para la emisión de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la UE. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la UE con implementación progresiva que son cada vez más restrictivas.

Las etapas son normalmente denominadas EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4 y EURO 5 para vehículos ligeros. El marco jurídico consiste en una serie de directivas, cada una es la modificación de la Directiva 70/220/CEE. Se presenta una lista resumida de las normas cuando entran en vigor, que se aplicara en cada una de ellas y que directivas de la UE proporcionan una definición de cada norma.

Las nuevas normas de reducción de gases de escape Euro imponen duras exigencias a todos los fabricantes de vehículos. La diferencia en los requisitos de emisiones de escape entre un motor diésel Euro 3 y otro Euro 4 es considerable. Las emisiones de óxidos de nitrógenos (NO_x) se debe reducir de 0.5 a 0.25 g/kWh y las emisiones de partículas (PM) deben reducirse de 0.05 a 0.03 g/kWh.

4.1.1 EURO I – IV

La Comunidad Económica Europea (CEE), ahora conocida como la Unión Europea (UE), emite en 1970 la primera directiva (70/220/CEE), en la que detalla las medidas a tomar contra la contaminación del aire por gases de vehículos. Todos los estados miembros adoptan esta directiva desde 1971 ya sea como el reemplazo o completo de la normatividad existente sobre las emisiones de vehículos, desde su implementación esta norma ha tenido bastantes modificaciones.

La legislación para autos de pasajeros, vehículos comerciales livianos y vehículos de motor diésel de uso pesado sufre un ajuste en 1992 en una serie de normas como Euro I, II, III, IV, V Y VI.

La Directiva 70/220/CEE define el proceso por el diseño particular de los motores o el vehículo, con la aprobación de las especificaciones técnicas se plantea dos fechas para el cumplimiento de la normatividad.

En la primera fecha estipulada todos los diseños nuevos de los motores deben cumplir con la norma de las emisiones, para la segunda fecha se considera que un año después de la fecha de aprobación de tipo, es obligatorio que todos los

vehículos nuevos cumplan con la normatividad. Esta es la que se encuentra vigente actualmente.

Se introducen incentivos tributarios para fomentar la rápida adopción de la norma en los vehículos y estos entran a partir de la fecha de aprobación.

Tabla 3. Legislación Euro III - IV

Norma	Tipo de vehículo	Incentivos tributarios	Aprobación de tipo	Uso obligatorio
Euro 3/III	Autos de pasajeros (2.5 toneladas)	Oct. 1998	Ene 2000	Ene 2001
	Autos de pasajeros (2.5 toneladas)	Oct. 1998	Ene 2001	Ene 2002
	Vehículos comerciales livianos (3.5 toneladas)	Oct. 1998	Ene 2000	Ene 2001
	Vehículos comerciales livianos (3.5 toneladas)	Oct. 1998	Ene 2001	Ene 2002
	Camiones de motor diésel de uso pesado	Oct. 1998	Oct. 2000	Oct. 2001
Euro 4/IV	Autos de pasajeros (2.5 toneladas)	Ene 2000	Ene 2005	Ene 2006
	Autos de pasajeros (2.5 toneladas)	Ene 2001	Ene 2005	Ene 2007
	Vehículos comerciales livianos (3.5 toneladas)	Ene 2000	Ene 2006	Ene 2006
	Vehículos comerciales livianos (3.5 toneladas)	Ene 2001	Ene 2005	Ene 2006
	Camiones de motor diésel de uso pesado	Oct. 2000	Oct. 2005	Oct. 2006

Dentro de cada una de las regulaciones los contaminantes específicos a reducir, el método de evaluación y los límites para el cumplimiento varían para las diferentes clases de vehículos.

Para los vehículos de pasajeros alimentados por diésel inicialmente estaban cubiertos bajo la misma norma de los vehículos de gasolina, hasta que en 1988 se introduce la regulación de partículas; los vehículos con motor diésel se han evaluado según una variedad diferente de ciclos de pruebas y cuentan con límites diferentes para alcanzar el cumplimiento de la normatividad.

Tabla 4. Límites para vehículos de pasajeros con motor diésel desde Euro I a Euro IV

Norma	Aprobación de tipo	CO	HC + NOx	NOx	PM
		g/km	g/km	g/km	g/km
Euro 1	1 jul. de 1992	2.72	0.97	-	0.14
Euro 2	1 ene de 1996	1.0	0.7	-	0.08
Euro 3	1 ene de 2000	0.64	0.56	0.5	0.05
Euro 4	1 ene de 2005	0.5	0.3	0.25	0.025

4.1.2. EURO V – VI

En el 2007 se reemplaza la directiva 70/220/CEE con la normativa 715/2007 conocida como Euro V/VI. La regulación de las emisiones de vehículos de motor diésel de uso pesado y autobuses se introdujeron en 1988 mediante la Directiva 88/77/EEC. Aunque ha sido modificada varias veces en la Normativa 595/2009 se detallan los límites actuales.

Al igual que en la normatividad EURO III Y IV bajo el documento de trabajo de la comisión (SEC (2009)1589final/2) se constituye el proceso de incentivos tributarios para adoptar rápidamente la norma de emisiones.

Tabla 5. Legislación Euro V - VI

Norma	Tipo de vehículo	Incentivos tributarios	Aprobación de tipo	Uso obligatorio
Euro 5/V	Camiones de motor diésel de uso pesado	Ene 2005	Ene 2008	Ene 2009
Euro 6/VI	Autos de pasajeros		Sep. 2009	Ene 2011
	Autos de pasajeros		Sep. 2014	Sep. 2015
	Camiones de motor diésel de uso pesado		Dic. 2010	Ene 2012

Siguiendo con la normatividad de la Euro IV Y V de la siguiente forma quedan establecidos los límites para los límites para los vehículos de pasajeros con motor diésel.

Tabla 6. Límites para vehículos de pasajeros con motor diésel desde Euro V - VI

Norma	Aprobación de tipo	CO	HC + NOx	NOx	PM
Euro 5 ^a	1 sep. de 2009	0.5	0.23	0.18	0.005
Euro 5b*	1 sep. de 2011	0.5	0.23	0.18	0.005
Euro 6	1 sep. de 2014	0.5	0.17	0.08	0.005

También se busca la regulación de las emisiones de los vehículos pesados, donde los contaminantes son los mismos a los livianos pero los procedimientos de las pruebas son diferentes.

Se utiliza la prueba de estado estacionario (ECE-R49) para la normas Euro I y II y se reemplaza por dos pruebas en Euro III, consiste en un ciclo de prueba estacionario (ESC) y un ciclo de prueba transitorio (ETC), que evalúan los hidrocarburos no metánicos (NMHC) en vez de todos los HC.

Cualquiera de estas dos pruebas se pueden utilizar para la aprobación de la norma Euro III; sin embargo se requiere de ambas pruebas para la aprobación de la norma Euro IV, adicional a esto se debe tener en cuenta la normatividad sobre CO, HC, NOx y partículas.

Tabla 7. Ciclo de prueba de ESC y ELR

Norma	Aprobación de tipo	CO	HC	NOx	PM	Humo
		g/k Whr	g/k Whr	g/k Whr	g/k Whr	m-1
Euro I	1 oct. de 1993	4.5	1.1	8.0	$0.612^1 / 0.36^2$	-
Euro II	1 oct. de 1996	4.0	1.1	7.0	0.15	-
Euro III	1 oct. de 1999	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
	1 oct. de 2000	2.1	0.66	5.0	$0.10 / 0.13^3$	0.8
Euro IV	1 oct. de 2005	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	1 oct. de 2008	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI	1 ene de 2013	1.5	0.13	0.4	0.01	

Tabla 8. Ciclo de prueba de ETC

Norma	Aprobación de tipo	CO	NMHC	NOx	PM
		g/k Whr	g/k Whr	g/k Whr	g/k Whr
Euro I	1 oct. de 1993	-	-	-	-

Euro II	1 oct. de 1996	-	-	-	-
Euro III	1 oct. de 1999 ¹	3.0	0.40	2.0	0.02
	1 oct. de 2000	5.45	0.78	5.0	0.16/0.21 ²
Euro IV	1 oct. de 2005	4.0	0.55	3.5	0.03
Euro V	1 oct. de 2008	4.0	0.55	2.0	0.03
Euro VI	1 ene de 2013	4.0	0.16	0.4	0.01

4.2 NORMA EPA

La Environmental Protection Agency (EPA), Agencia de Protección Ambiental en EEUU, ha analizado información sobre los efectos en la salud de las concentraciones de MP (materia particulada). Este análisis condujo a que la EPA incluyera un indicador para medir las concentraciones de MP respirable. El indicador previo era la MP_{10} la cual se define como la materia particulada que poseen un diámetro aerodinámico nominal de 10 micras o menor. El indicador adicional se basa en las partículas más pequeñas, la $MP_{2.5}$ definida como la MJP menor o igual a 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico.

La EPA ha desarrollado recientemente documentos sobre técnicas de control para un número de fuentes no industriales de emisiones de MP secundarias. Producidas principalmente de los óxidos de azufre (SOx), los óxidos de nitrógeno (NOx), el amoníaco (NH₃) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos gases reaccionan entre sí con el oxígeno, el agua en la atmosfera para formar compuestos condensables.

El uso de combustibles más limpios es un factor importante para la reducción de las emisiones de los vehículos y las normativas propuestas basadas en filtros requieren el uso de combustible diésel con contenido bajo en azufre, con un máximo de 15 partes por millón (ppm).

Las normas Euro IV exigen emisiones de PM mucho menores que las normas EPA 2004. Debido a que ninguna de las dos normas requiere el uso de filtros de

partículas ni regula la cantidad total de partículas, las emisiones de partículas ultra finas son similares en ambas normas.

Mientras que los límites de la certificación Euro IV para los óxidos de nitrógeno (NOx) son ligeramente mayores que los de EPA 2004, los límites de PM más estrictos de Euro IV dan lugar al uso de tecnologías más complejas y costosas para controlar estas emisiones. A diferencia de las regulaciones EURO IV y EPA 2004, EURO VI y EPA 2010 son similares para las emisiones de NOx y PM si se comparan los estándares los límites de certificación son 50-93% menores para PM y 85-93% menores para NOx. Se espera que la reducción de emisiones en el mundo sea mucho más significativas con factores de emisión basados en modelos que sugieren reducciones del 90-98% para PM y del 93-95% para los NOx, ambas opciones de cumplimiento requieren sistemas OBD sólidos y completos que terminaran de introducirse por completo en las normas Euro y EPA en 2018. Adicionalmente cada opción requiere advertencias e incentivos para el conductor para asegurar el uso adecuado del DEF en los sistemas SCR.

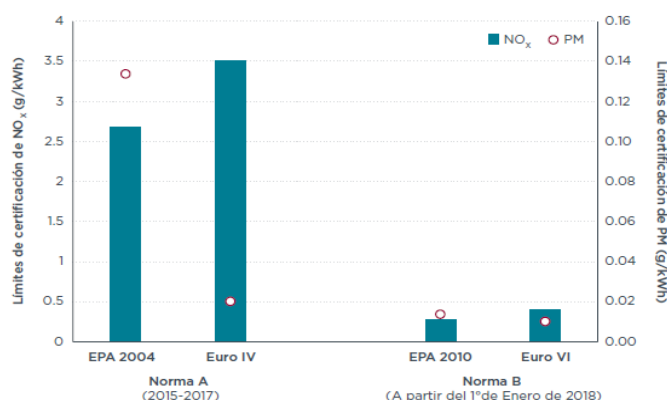


Ilustración 10. Comparativo de las normas EURO – EPA

Dentro de América Latina muchos países han realizado o planean realizar grandes mejoras en la calidad del diésel. Las normas basadas en filtros son necesarias para obtener todos los beneficios de las inversiones en combustibles limpios que han realizado en la región.

- Chile cumple con las normas diésel con contenido bajo de azufre desde 2013
- Brasil es mayor fabricante de vehículos de la región y Argentina ofrecen diésel con bajo contenido de azufre en todas las estaciones de servicio del país.
- La única refinería de Uruguay ahora produce diésel de 10 ppm de azufre.
- Venezuela y Ecuador están invirtiendo conjuntamente en las instalaciones de una nueva refinería para producir diésel con bajo contenido de azufre.

- Costa Rica, Colombia y Perú requerirán muy pronto combustible de 50 ppm de azufre a nivel nacional; actualmente gran parte del combustible diésel de Costa Rica y Colombia contiene solamente 15 ppm de azufre.

Grupo	Región	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Otros mercados	Estados Unidos y Canadá	EPA 2010							
	UE	Euro VI							
	Japón	PNLTES							
	Corea del Sur	Euro V	Euro VI						
	Australia	Euro V/EPA 2007/JE05							
	Rusia	Euro IV	Euro V						
	China	China IV							
	India	Bharata III							
América Latina	México	EPA 2004/Euro IV				EPA 2010/Euro VI			
	Brasil	P-7							
	Argentina	Euro IV	Euro V						
	Chile	Euro IV	Euro V						
	Colombia	Euro II	Euro IV						
	Perú	Euro III							
	Uruguay	Euro III							
	Ecuador	EPA 94/Euro II							
	Costa Rica	Euro I							
	Venezuela	EPA 88/Euro I							

Equivalencia Euro

Pre-Euro II	II	III	IV	V	VI
-------------	----	-----	----	---	----

Ilustración 11. Cronología de las normas de emisiones en vehículos pesados adoptadas por país.

4.3 NORMA AMBIENTAL COLOMBIANA

En nuestro país se empieza a regular la emisión de contaminantes para los vehículos diésel bajo diferentes regulaciones

4.3.1. RESOLUCIÓN 0910 DE 2008

Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.

EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, en ejercicio de sus funciones legales, y en especial las conferidas en los numerales 2, 10, 11, 14 y 25 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, en los artículos 65, 91, 92 y en los Capítulos IV y VIII del Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.

CONSIDERANDO:

Que el artículo 78 de la Constitución Política establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado;

Que los artículos 79 y 80 de la Constitución Política establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados;

Que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de acuerdo con los numerales 2 y 10 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de mitigar o eliminar el impacto de actividades contaminantes del entorno, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales;

Que de conformidad con el numeral 11 y 14 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, es función del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial dictar las regulaciones ambientales de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en todo el territorio nacional y definir y regular los instrumentos administrativos y los mecanismos para la prevención y control de los factores de deterioro ambiental;

Que de conformidad con el numeral 25 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecer los límites máximos permisibles de emisión que puedan afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables;

Que de conformidad con el numeral 12 del artículo 31 de la Ley 99 de 1993, las Corporaciones Autónomas Regionales, y las autoridades a que se refieren los artículos 66 de la Ley 99 de 1993 y 13 de la Ley 768 de 2002, les compete en el área de su jurisdicción ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental del uso del aire y los demás recursos naturales, las cuales comprenderán la emisión o incorporación de residuos líquidos, sólidos y gaseosos al aire, así como las emisiones que puedan causar daño o poner en peligro los recursos naturales renovables;

Que el Decreto 948 de 1995 contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire y define las acciones y los mecanismos administrativos que las autoridades ambientales deberán desarrollar para mejorar y preservar la calidad del aire y evitar reducir el deterioro del medio ambiente;

Que el literal b) del artículo 4° del Decreto 948 de 1995 establece que la quema de combustibles fósiles utilizados por el parque automotor, es una actividad contaminante sujeta a prioritaria atención y control por parte de las autoridades ambientales;

Que de conformidad con el artículo 65 y el Capítulo IV del Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, le corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecer los estándares permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles, para lo cual debe establecer las regulaciones, prohibiciones y restricciones sobre emisiones contaminantes de fuentes móviles;

Que según lo dispuesto en el artículo 92 del mencionado decreto, le compete al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial determinar los mecanismos de evaluación de emisiones de vehículos automotores;

Que con base en estudios científicos y técnicos de calidad del aire en el territorio nacional y la información de las pruebas de verificación del cumplimiento de las normas establecidas en la Resolución 005 de 1996, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial considera necesario establecer normas de emisión para vehículos automotores activados con gasolina y diésel (ACPM), con el propósito de proteger el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud de la población en general;

Que en artículo 2° de la Ley 769 de 2002 se define el nivel de emisión de gases contaminantes como la cantidad descargada de gases contaminantes por parte de un vehículo automotor, que debe ser establecida por la autoridad ambiental competente;

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

CAPITULO. I

Disposiciones generales y definiciones

Artículo 1°. Objeto. La presente resolución establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional, y se adoptan otras disposiciones.

Artículo 2°. Excepciones. Se exceptúa del cumplimiento de las disposiciones de la presente resolución las locomotoras, equipos fuera de carretera para combate o defensa, equipos o maquinaria para obras civiles (vibradores, grúas) o viales (retroexcavadoras, mezcladoras, cortadoras, compactadores, vibro compactadores, terminadoras o finishers), equipos internos para manejo de carga en la industria y terminales, equipos para minería (retroexcavadoras, cargadores, palas, camiones con capacidad superior a 50 toneladas), equipos agrícolas (trilladoras, cosechadoras, tractores, sembradoras, empacadoras, podadoras) ya sean movidas por llantas, rodillos, cadenas u orugas y en general los equipos establecidos como maquinaria o vehículos Nonroad, los vehículos dedicados a gas natural o GLP y las declaradas por la autoridad de tránsito como vehículos antiguos o clásicos.

Artículo 4°. Repotenciación, habilitación, transformación, o adecuación del parque automotor de servicio público de transporte. El parque automotor de servicio público de transporte, que por disposición del Ministerio de Transporte haya sido repotenciado, habilitado, transformado, adecuado o cualquier otra categoría similar que busque la extensión de la vida útil determinada por la ley, deberá cumplir con las normas de emisión para prueba estática establecidas en la presente resolución para el año modelo equivalente según corresponda (Otto o Diésel);

El año modelo equivalente para estos vehículos corresponderá al año modelo del automotor más el número de años por el cual se reconozca la repotenciación, habilitación, transformación o adecuación, de acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Transporte en la Resolución número 2502 del 22 de febrero de 2002, o la norma que la modifique, adicione o sustituya.

CAPITULO. II

Límites máximos de emisión permisibles para fuentes móviles en prueba estática.

Artículo 8°. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos diésel. Se establecen los máximos niveles de opacidad que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor diésel durante su funcionamiento en condición de aceleración libre y a temperatura normal de operación.

Tabla 9. Límites máximos de opacidad permisibles para vehículos Diésel.

Año modelo	Opacidad (%)
1970 y anterior	50
1971-1984	45
1985-1997	40
1998 y posterior	35

Parágrafo. A partir de los vehículos año modelo 2010, los comercializadores representantes de marca, importadores, fabricantes o ensambladores de dichos vehículos deberán garantizar una emisión máxima permisible equivalente al 80% del valor establecido en la Tabla 7 para los vehículos con año modelo 1998 y posterior.

Artículo 9°. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos que utilizan mezclas de combustibles. Los vehículos que utilizan mezclas de combustibles deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 7 si corresponden a vehículos ciclo Diésel.

CAPITULO. III

Disposiciones sobre la certificación inicial de las emisiones contaminantes de las fuentes móviles.

Artículo 12°. Certificación de las emisiones de opacidad en condición de aceleración libre. Las fuentes móviles clasificadas como vehículo automotor con motor ciclo Diésel que se ensamblen, importen o comercialicen deberán obtener la certificación de emisiones de opacidad en condición de aceleración libre, que deberá encontrarse dentro de los límites establecidos en la presente resolución. Dicha certificación deberá ser expedida por el comercializador representante de marca, importador, fabricante o ensamblador del vehículo siempre y cuando los equipos y procedimientos que se utilicen para tal efecto, cumplan con las Normas Técnicas Colombianas establecidas en la Resolución 3500 de 2005 o en las normas que las modifiquen, adicionen o sustituyan.

A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución, los comercializadores representantes de marca, importadores, fabricantes o ensambladores de fuentes móviles clasificadas como vehículo automotor, especificarán las condiciones de reglaje del motor y el cumplimiento de los niveles de emisión establecidos en la presente resolución en un autoadhesivo que se fijará en un lugar visible dentro de

la cubierta del motor o la cabina del vehículo y en una certificación que será entregada a quienes adquieran los vehículos, sin perjuicio de los demás documentos en donde deban constar.

La certificación de que trata este artículo debe incluir por lo menos la siguiente información: fecha de la prueba, nombre o razón social, documento de identidad (NIT o cédula de ciudadanía), dirección, teléfono, ciudad y departamento de quien expide la certificación y marca, línea, clase, modelo, cilindrada, VIN o serial y número de motor del vehículo al que se le expide la certificación.

Dicho documento debe certificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles establecidos en la presente resolución o en la que la adicione, sustituya o modifique.

CAPITULO. IV

Vigilancia y control de las fuentes móviles

Artículo 17°. Emisiones visibles en vehículos diésel. La autoridad de tránsito iniciará el proceso sancionatorio a que hace referencia el Título IV de la Ley 769 de 2002, cuando en una fuente móvil clasificada como vehículo automotor diésel se aprecien emisiones que produzcan un oscurecimiento igual o superior al Patrón número 4 de la escala de Ringelmann durante tres aceleraciones a fondo consecutivas, previa verificación de que el vehículo se encuentra funcionando a su temperatura normal de operación.

CAPITULO. VI

Límites máximos de emisión permisibles para fuentes móviles en prueba dinámica

Artículo 22°. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos con motor diésel. Establecen los máximos niveles de emisión que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor diésel en prueba dinámica, que se ensamble o se importe al país para transitar o circular en el territorio nacional, de acuerdo a su clasificación vehicular y ciclo de prueba utilizado, a partir del año modelo 2010.

Tabla 10. Límites máximos de emisiones vehículos livianos y medianos accionados con Diésel (EPA)

Categoría	Subcategoría		CO	HC	HCNM	NOx	MP
			(g/km)				
LDV	---		2,11	0,25	0,16	0,62	0,05
LDT	LLDT	LDT1	2,11	---	0,16	0,62	0,05
		LDT2	2,73	---	0,20	---	0,05
	HLDT	LDT3	2,73	0,20	---	---	---
		LDT4	3,11	0,24	---	---	---

Tabla 11. Límites máximos de emisiones para vehículos pesados accionados con Diésel. (EPA)

Categoría	Subcategoría	CO	HC	NOx	MP
		(g/BHP-h)			
HDV	LHDDE	15,5	1,3	5,0	0,1
	MHDDE				
	HHDDE ó				
	Urban bus				

Tabla 12. Límites máximos de emisión para vehículos livianos y medianos accionados con Diésel (EURO)

Categoría	Subcategoría	CO	HC + NOx	MP	
		(g/km)			
M	M1	1,00	0,70	0,08	
N	N1	Clase I	1,00	0,70	0,08
		Clase II	1,25	1,00	0,12
		Clase III	1,50	1,20	0,17

Tabla 13. Límites máximos de emisión para vehículos pesados accionados con Diésel (EURO).

Categoría	Subcategoría	CO	HC	NOx	MP
		(g/kW-h)			
M	M2	4.0	1.1	7.0	0.15
	M3				
N	N2	4.0	1.1	7.0	0.15
	N3				

4.3.2. RESOLUCIÓN 1304 DE 2012

"Por la cual se establecen los niveles máximos de emisión y los requisitos ambientales a los que están sujetas las fuentes móviles del sector de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo e integrado que circulen en el Distrito Capital"

LA SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

En ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas por el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, el Acuerdo 257 de 2006, el Decreto 109 de 2009, el Decreto 175 de 2009, y

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de Colombia, en su artículo 79, consagra el derecho a gozar de un ambiente sano, estableciendo que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Que el artículo 80 de la Constitución Política de Colombia prevé que, corresponde al Estado planificar el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que el artículo 75 del Decreto Ley 2811 de 1974 indica que, para prevenir la contaminación atmosférica se dictarán disposiciones concernientes, entre otros aspectos, a la calidad que debe tener el aire, como elemento indispensable para la salud humana, animal o vegetal; los métodos más apropiados para impedir y combatir la contaminación atmosférica; restricciones o prohibiciones a la

circulación de vehículos y otros medios de transporte que alteren la protección ambiental, en lo relacionado con el control de gases, ruidos y otros factores contaminantes; la circulación de vehículos en lugares donde los efectos de contaminación sean más apreciables; el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones a niveles permisibles.

Que en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993 se señala que con fundamento en el principio de Rigor Subsidiario, las normas y medidas de policía ambiental; es decir, aquéllas que las autoridades ambientales expidan para la regulación del uso, manejo, aprovechamiento y movilización de los recursos naturales renovables, o para la preservación del medio ambiente natural, bien sea que limiten el ejercicio de derechos individuales y libertades públicas para la preservación o restauración del medio ambiente, o que exijan licencia o permiso para el ejercicio de determinada actividad por la misma causa, podrán hacerse sucesiva y respectivamente más rigurosas, pero no más flexibles, por las autoridades competentes del nivel regional, departamental, Distrital o municipal, en la medida en que se desciende en la jerarquía normativa y se reduce el ámbito territorial de las competencias, cuando las circunstancias locales especiales así lo ameriten.

Que el artículo 65 de la Ley 99 de 1993, establece que corresponde en materia ambiental a los municipios y distritos, dictar con sujeción a las disposiciones legales reglamentarias superiores, las normas necesarias para el control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico.

Que de conformidad con el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los municipios y distritos con población igual o superior a un millón (1.000.000) de habitantes ejercerán dentro del perímetro urbano las mismas funciones atribuidas a las Corporaciones Autónomas Regionales, en lo aplicable al medio ambiente urbano.

Que el Decreto 948 de 1995 contiene el reglamento de prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire y, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 68 de este Decreto, en concordancia con lo señalado en el artículo 65 de la Ley 99 de 1993, corresponde al Distrito en relación con la prevención y control de la contaminación del aire: dictar normas para la protección del aire dentro de su jurisdicción, ejercer funciones de control y vigilancia de los fenómenos de contaminación atmosférica e imponer las medidas correctivas que en cada caso correspondan, así como imponer a prevención de las demás autoridades competentes, las medidas preventivas y sanciones que sean del caso por la infracción a las normas de emisión de fuentes móviles dentro de su jurisdicción.

Que el Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Resolución 910 de

2008 reglamentó los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, definió los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y reglamentó el Art. 91 del Decreto 948 de 1995.

Que mediante el Decreto 319 de 2006, fue adoptado el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, estableciéndose como objetivo específico, reducir los niveles de contaminación ambiental por fuentes móviles e incorporar criterios ambientales para producir un sistema de movilidad eco-eficiente.

Que a través del Decreto 309 de 2009, se adoptó el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá D.C., el cual indica que para el cumplimiento de los fines trazados en el Plan Maestro de Movilidad, deberá contribuirse con la sostenibilidad ambiental urbana, siendo éste uno de los objetivos específicos del Sistema Integrado de Transporte Público.

Que mediante Decreto Distrital 098 de 2011 se adoptó el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, y para el cumplimiento de las metas allí establecidas fue formulado un portafolio óptimo de proyectos y sus medidas complementarias; se indica que una de las medidas más importantes para la descontaminación del aire de la ciudad es la entrada en operación del SITP y el uso de sistemas de control de emisiones de material particulado en la flota que ingresa a dicho sistema.

Que el Decreto 98 de 2011 establece como meta para el año 2020 la de reducir en un 60% las emisiones de material particulado registradas en el inventario para el año 2008 y mantener el nivel de los demás contaminantes criterio (dióxido de azufre SO₂, dióxido de nitrógeno NO₂, monóxido de carbono CO y Ozono O₃) dentro de los límites fijados en la norma de calidad de aire.

Que las fuentes móviles son la principal fuente de emisión de gases a la atmósfera en la ciudad de Bogotá, tal como se muestra en el estudio adelantado por la Secretaría Distrital de Ambiente mediante Contrato de Ciencia y Tecnología No. 347 de 2006 celebrado con la Universidad de los Andes, en el cual se hizo actualización de los inventarios de emisiones provenientes de fuentes industriales y vehiculares en la ciudad, dicho inventario fue posteriormente revisado y actualizado mediante el Contrato de Ciencia y Tecnología 1040 de 2008 celebrado entre la SDA, Transmilenio S.A. y Universidad de los Andes como parte de la formulación del Plan decenal de descontaminación del Aire para Bogotá, estableciendo que las fuentes móviles aportan el 56% a la emisión de material particulado asociado a dicho inventario de emisiones.

Que la concentración de material particulado en la atmósfera está asociada, entre otras fuentes de contaminación, a los vehículos que operan con diésel y por lo

tanto se hace necesario exigir estándares de emisión más estrictos a estos vehículos.

Que atendiendo a las condiciones particulares del Distrito capital, de la flota que hace parte del transporte público colectivo, masivo e integrado, la flota que se vinculará al SITP y a la meta establecida en el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, es necesario emitir una norma que fije los estándares de emisión permisibles de contaminantes al aire, producidos por el sector de fuentes móviles en lo relacionado con los prestadores de servicio público de transporte terrestre de pasajeros colectivo, masivo, integrado.

Que de acuerdo con los reportes presentados por la Empresa Colombiana de Petróleos – Ecopetrol, el diésel que se suministra en Bogotá cuenta con máximo 50 partes por millón (ppm) de azufre desde enero de 2010, de conformidad con lo establecido en la Ley 1205 de 2008.

Que mejorar la calidad de los combustibles, contribuye a reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera, por lo que es necesario establecer niveles máximos de emisión permisibles para fuentes móviles que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre de pasajeros que operen con combustibles limpios.

Que una vez analizada la información sobre emisión de fuentes móviles recogida para el año 2011 por la entidad, en relación con resultados de la revisión técnico mecánica y de gases vehiculares, del control de emisiones en vía y del programa de autorregulación ambiental, se realizó un análisis estadístico con 11.276 registros válidos, estableciendo los rangos de opacidad que la flota de transporte público terrestre de pasajeros presenta. El 96,24% del total de registros analizados se concentran en los rangos de 0% - 30% de opacidad, un 2% se encuentra en el rango de 30.01% - 40% y el restante 1,73% se distribuye entre los rangos restantes. Por lo que se considera que los niveles de emisión establecidos a través de la Resolución Nacional 910 de 2008 para las fuentes móviles de transporte público terrestre de pasajeros deberían ser modificados y ajustados, para el ámbito distrital.

Que el total del parque automotor de Bogotá (TPC, TM y SITP en proceso de implementación), es aún de edad promedio alta (El 41% presenta edades entre 6-10 años; el 28.42% presenta edades 11 y 20 años), y la penetración de tecnología de baja emisión aún es incipiente respecto del número de vehículos en el parque automotor; el 81,7% del parque analizado pertenece a tecnologías de estándar Pre Euro, Euro I y Euro II.

Que al término de las vigencias de los contratos de concesión de las fases I y II de Transmilenio que los habilita para operar, estos vehículos deberán ser

reemplazados; sin embargo una parte de estos vehículos aún tienen una vida útil importante por aprovechar (aprox. 300-400 mil km.), por tanto es posible que estos contratos sean renovados a su término de finalización, lo que significa que estos vehículos continuarían circulando hasta completar su kilometraje máximo operativo (1.000.000). Un porcentaje de los vehículos de estas fases hoy día son de estándares de baja eficiencia ambiental frente a los nuevos avances tecnológicos.

Que no existe certeza respecto del origen de los vehículos que se vincularán al SITP (vehículos nuevos cero kilómetros o en uso provenientes del TPC); sin embargo está identificado que no se podrán integrar al SITP vehículos de año modelo inferior a 2004, y que el ciclo de operación de un vehículo en el sistema es de 12 años. Así, se estima que al terminar el proceso de implementación estén rodando alrededor de 12.300 vehículos.

Que la flota que se está vinculando al sistema zonal del SITP corresponde con buses provenientes del transporte público colectivo; la flota vinculada al SITP en los servicios zonal y troncal a julio de 2012 presenta una distribución por tipologías así: el 100% de los Biarticulados, Articulados y Padrones son Euro V; el 91,2% de los Busetones vinculados son Euro II; el 61,2% de las Busetas vinculadas son Euro II y 26,8% Euro III y 95% de los Microbuses vinculados son Euro II.

Que en Bogotá se han venido operando vehículos con motor ciclo Otto que han sido adaptados para operar con gas natural comprimido. Esta tecnología ha sido empleada principalmente en los vehículos de transporte de pasajeros, busetas, microbuses y taxis, pero recientemente ha sido desplazada por las nuevas tecnologías de motores diésel.

Que como combustible, el gas natural, tiene características más favorables desde el punto de vista ambiental, que los demás combustibles fósiles, así un motor de combustión interna que esté diseñado para operar con gas natural aprovecha este potencial logrando un desempeño ambiental superior respecto de los motores ciclo diésel e incluso los de gasolina; más sin embargo los motores de combustión interna convertidos a gas natural, no presentan el mismo desempeño dado que existen factores que reducen el aprovechamiento de las ventajas ambientales del combustible y que son críticos para asegurar bajas emisiones.

Que en desarrollo del estudio "Evaluación de métodos y equipos para medir las emisiones en vehículos por pruebas estáticas y determinación de los límites máximos permitidos para fuentes móviles" realizado en el marco del Contrato PO7159535, la Universidad Nacional determinó que un 55% de vehículos convertidos no supera las pruebas ni en velocidad crucero ni en ralentí. También

se evidencia que el 63% de los mismos supera los límites máximos permisibles para Hidrocarburos (HC), en ralenti y el 37% para (CO).

Que el deterioro de la calidad del aire tiene incidencia en la aparición y exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio y cardiovascular; siendo los niños los más vulnerables a las toxinas del ambiente que los adultos, debido a los patrones de exposición y a su inmadurez fisiológica.

Que los niveles de concentración de PM a los que se expone la población en cercanía a las vías superan de manera significativa los valores establecidos por la normativa nacional. Estos estudios sugieren que la población también se ve expuesta a elevados niveles de contaminación al interior de la cabina de los vehículos.

Que el material particulado es uno de los principales agentes promotores de enfermedad

respiratoria aguda (ERA). Para 2010 se estimaron 53.200 casos de atención en urgencias y 19.700 admisiones hospitalarias para niños menores de cinco años relacionadas con enfermedades respiratorias. Adicionalmente se registraron 1.500 casos de mortalidad en infantes menores de 1 año por estas mismas causas.

Que de acuerdo con la Secretaría Distrital de Salud (2012) son veintinueve (29) las Unidades de Planeación Zonal (UPZ) con prioridad alta en relación con el comportamiento de los casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria Aguda para el periodo 2008-2011. Siete (7) de estas UPZ, están clasificadas según Decreto 623 de 2011 como áreas fuente de contaminación clase I y nueve (9) como área fuente de contaminación clase II.

Que la Resolución 610 de 2010 establece que la norma de referencia para PM10 anual desde el 2011 es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a nivel nacional, con relación a esta norma las estaciones comprometidas, son la No. 3 Carvajal (Sony), No. 9 Kennedy, No 11 Suba, No. 12 Zona industrial - Estación. Móvil que durante el año estuvo situada en la calle 13 con carrera 32, la No. 14 Fontibón y la No. 13 Puente Aranda, en las cuales se supera la norma anual en todos los meses.

Que resulta necesario tomar medidas que garanticen la disminución de los niveles de contaminación generada por fuentes móviles en el Distrito Capital, pues de acuerdo con los resultados arrojados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), durante el año 2011 se presentaron 168 días de excedencia a la norma diaria (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); adicionalmente, se observa que durante el mismo año el comportamiento del contaminante PM10 supera la concentración promedio anual fijada en la norma.

Que en todas las estaciones de monitoreo, a excepción de Carvajal, Zona Industrial – Estación Móvil y San Cristóbal, el Ozono (O3) presentó promedios horarios y octohorarios por encima de la norma (61 ppb y 41 ppb respectivamente).

Que aun cuando a lo largo del año 2011 se registró que el comportamiento del contaminante NO2 se mantiene por debajo de los límites establecidos en la norma, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles son precursores de ozono; el dióxido de nitrógeno es, en presencia de hidrocarburos y luz ultravioleta, la principal fuente de ozono troposférico y de aerosoles de nitratos que constituyen una fracción importante de la masa de PM2, 5 del aire ambiente.

Que el Acuerdo No. 489 de 2012 *"Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2012-2016 Bogotá Humana"* establece en su Art. 46 las metas de sus programas y proyectos definiendo para el programa Bogotá Humana Ambientalmente Saludable la meta de *"reducir en 10% la contaminación por material particulado de diámetro menor a 10 micras y generar las condiciones para el monitoreo de PM2.5 en la ciudad"*.

Que en virtud del Decreto Distrital 109 del 16 de marzo de 2009, modificado por el Decreto Distrital 175 de 2009, por el cual se modificó la estructura de la Secretaría Distrital de Ambiente, se crea la Subdirección de Calidad del Aire Auditiva y Visual, la cual entre sus funciones tiene la de realizar la evaluación, control y seguimiento sobre los factores de deterioro ambiental derivados de las actividades que incidan sobre la calidad del aire, auditiva y visual del Distrito.

Que corresponde a la Secretaría Distrital de Ambiente orientar y liderar la formulación de políticas ambientales y de aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales y del suelo, tendientes a preservar la diversidad e integridad del ambiente, el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales distritales, para garantizar una relación adecuada entre la población y el entorno ambiental y crear las condiciones que garanticen los derechos fundamentales y colectivos relacionados con el medio ambiente.

Que el artículo 28 de la Ley 769 de 2002 por la cual se expidió el Nuevo Código Nacional de Tránsito Terrestre, dispone: *"Para que un vehículo pueda transitar por el territorio nacional, debe garantizar como mínimo (...) cumplir con las normas de emisiones de gases que establezcan las autoridades ambientales"*.

Que teniendo en cuenta que se cumplen los requisitos previstos para invocar y aplicar el principio de rigor subsidiario consagrado en las normas ambientales, resulta necesario tomar medidas que procuren la disminución de los niveles de contaminación generada por fuentes móviles en el Distrito Capital.

Que en mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 1.- DEFINICIONES- Para la correcta aplicación e interpretación de la presente resolución, se tendrán en cuenta las definiciones contenidas en el Decreto 948 de 1995, las Resoluciones 910 de 2008 y 2604 de 2009 expedidas por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y las contenidas en la Ley 769 de 2002, modificada por la Ley 1383 de 2010, Código Nacional de Tránsito y aquellas que las modifiquen o sustituyan.

ARTÍCULO 2.- Objeto. La presente resolución establece los niveles máximos de emisión y los requisitos ambientales a los que están sujetas las fuentes móviles de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo, integrado.

ARTÍCULO 3.- Ámbito de Aplicación. Las disposiciones de la presente resolución, se establecen para todos vehículos de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo e integrado que circulen en Distrito Capital.

ARTÍCULO 4.- Clasificación de vehículos automotores. Para efectos de la presente resolución se adopta la clasificación de las fuentes móviles establecida en el Art. 6 de la Resolución 2604 de 2009.

CAPITULO II LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

PROVENIENTES DE FUENTES MOVILES DE SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS EN LOS SISTEMAS COLECTIVO, MASIVO, INTEGRADO.

ARTÍCULO 5.- Límites máximos de emisión permisibles para vehículos con motor ciclo Diésel. Las fuentes móviles con motor ciclo Diésel del servicio público de transporte terrestre de pasajeros, en los sistemas colectivo, masivo, integrado durante su funcionamiento en condición de aceleración libre y a temperatura normal de operación, no podrán descargar al aire humos cuya opacidad exceda los valores indicados en la tabla 1. Los cuales se aplicaran de conformidad con el Principio de Rigor Subsidiario.

Tabla 14. Límites máximos de opacidad para vehículos accionados con Diésel en aceleración libre.

Año modelo Opacidad (%)	
1970 y anterior	50
1971 - 1984	26
1985 - 1997	24
1998 - 2009	20
2010 y posterior.	15

ARTÍCULO 6.- Sistemas de control de emisiones. Modificado por el art. 1, Resolución Sec. Ambiente 088 de 2015. Los vehículos con motor ciclo Diésel del Sistema Integrado de Transporte Público y que han sido vinculados al sistema de transporte terrestre de pasajeros antes de la entrada en vigencia de las disposiciones referidas en el Artículo 8 de la Resolución 2604 de 2009, deberán instalar, a partir del 01 de abril de 2013 y hasta el 31 de octubre de 2013, sistemas de control de emisiones como dispositivo de control, de acuerdo con los lineamientos que para dicho efecto establezca la Secretaría Distrital de Ambiente.

PARÁGRAFO PRIMERO: La Secretaría Distrital de Ambiente establecerá dentro de los cinco (5) meses siguientes a la publicación de la presente Resolución la gradualidad de la implementación de los sistemas, los niveles de opacidad y de emisión relacionados al uso de sistemas de control de emisiones.

PARÁGRAFO SEGUNDO: Los vehículos que estén operando bajo los contratos de concesión de las fases I y II del Sistema Transmilenio, y que estos contratos sean renovados, deberán instalar sistemas de control de emisiones en un plazo no superior a seis (6) meses contados a partir de la fecha de renovación de dichos contratos.

ARTÍCULO 9.- Límites máximos de emisión permisibles para vehículos con motor ciclo Diésel. A partir del 1 de junio de 2013 los vehículos que ingresen al Sistema Integrado de Transporte Público deberán garantizar que sus motores cumplan con los niveles de emisión descritos de acuerdo con el estándar de emisiones bajo el cual sean fabricados. Los cuales se aplicaran de conformidad con el Principio de Rigor Subsidiario.

Tabla 15. Límites máximos de emisiones permisibles para motores ciclo Diésel de vehículos pesados, evaluados mediante ciclos de la Unión Europea (ESC y ELR) en g/kw-h.

Ciclo	Aplicación	CO	HC	NOx	PM
ESC y ELR	M2, M3	1,50	0,46	2,00	0,02

Tabla 16. Límites máximos de emisión permisibles para motores ciclo Diésel de vehículos pesados, evaluados mediante ciclos de Estados Unidos (Ciclo Transitorio de Servicio Pesado y ciclos complementarios) (g/bhp-h)

Ciclo	Aplicación	CO	NOx	NMHC	PM
	LHDDE				
FTP & SET/ NTE	MHDDE	0.25	0.15	0.01	0.006
	HHDE				
	Urban Bus				

4.3.3 Ley 1205 de 2008 o “Ley del Diésel

"POR MEDIO DE LA CUAL SE MEJORA LA CALIDAD DE VIDA A TRAVÉS DE LA CALIDAD DEL DIÉSEL. Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES". EL CONGRESO DE COLOMBIA, DECRETA:

Artículo 1°. Con el propósito de mejorar la calidad de vida y garantizar el derecho constitucional al goce de un ambiente sano, declárese de interés público colectivo, social y de conveniencia nacional, la producción, importación, almacenamiento, adición y distribución de combustibles diésel, que minimicen el impacto ambiental negativo y que su calidad se ajuste a los parámetros usuales de calidad internacional.

Parágrafo 1°. Para tal efecto los Ministerios de Minas y Energía y de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o cualquier entidad que los reemplace en las funciones referentes a la calidad de los combustibles, deben expedir la reglamentación que conduzca a mejorar la calidad del diésel, mediante la disminución progresiva de los niveles de azufre presentes en dicho combustible hasta alcanzar los estándares internacionales que indican que dichos niveles deben ser inferiores a 50 partes por millón (ppm), así: En Bogotá, para los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), incluidos los sistemas de transporte masivo público de pasajeros con radio de acción metropolitano, distrital o municipal que utilicen diésel, se exige que éste contenga un máximo de 500 ppm de azufre a partir del 1.º de julio de 2008. A partir del 1.º de enero de 2010, estos mismos sistemas deberán utilizar diésel de menos de 50 ppm de azufre. Para los demás usos, se deberá utilizar diésel de menos de 500 ppm de azufre hasta el 31 de diciembre de 2012. A partir de esta fecha, se deberá utilizar diésel de menos de 50 ppm de azufre. Para el resto del país, para todos los sistemas de transporte que utilicen diésel se utilizará diésel de menos de 3.000 ppm de azufre a partir del 1.º de julio de 2008 y hasta el 31 de diciembre de 2008. A partir del 1.º de enero de 2009 se utilizará diésel de menos de 2.500 ppm de azufre hasta el 31

de diciembre de i. r' diésel de menos de 500 m de azufre hasta el 31 de diciembre de 2012. A partir de esta fecha, se deberá utilizar diésel de menos de 50 ppm de azufre. Para los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) de todos los centros urbanos del país se deberá utilizar diésel de menos de 50 ppm de azufre a partir del 1.º de enero de 2010.

Parágrafo 2°. A partir del 31 de diciembre de 2012, queda prohibido distribuir, comercializar, consumir o transportar combustibles diésel que contengan más de 50 ppm de azufre, con excepción de aquel que se importe o produzca para fines exclusivos de exportación.

Parágrafo 3°. Los agentes de la cadena que produzcan, importen, almacenen o distribuyan combustibles diésel, deberán garantizar en sus respectivos establecimientos, el control del contenido de humedad, de acuerdo a las disposiciones vigentes para tal fin.

Artículo 2°. Los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o cualquier entidad que las reemplace en las funciones referentes a la calidad de combustibles, reglamentarán de acuerdo con sus competencias lo establecido en la presente ley. Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía o quien a futuro asuma las funciones respecto a la calidad de combustible será el encargado de aplicar las sanciones a los agentes de la cadena de distribución de combustibles que produzcan, importen, almacenen o distribuyan combustibles diésel que no cumplan con lo establecido en la presente ley.

Artículo 3°. Para la implementación de la presente ley, establézcanse los siguientes plazos: Seis (6) meses a partir de su vigencia para que el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en conjunto o individualmente, expidan la regulación técnica, ambiental y el régimen sancionatorio conducente a dar cumplimiento a lo establecido en los parágrafos del artículo 1.º de esta ley.

Parágrafo. Las regulaciones que expidan las autoridades mencionadas en este artículo, deberán tener en cuenta los estándares internacionales y se implementarán y aplicarán iniciando por Bogotá, D.C., y los centros con mayor densidad de población y contaminación atmosférica. Asimismo, las autoridades en referencia deberán establecer un mecanismo de verificación semestral del cumplimiento progresivo de lo establecido en la~ reglamentación de esta ley.

Artículo 4°. Las sanciones a imponer por el Ministerio de Minas y Energía o la entidad que le reemplace en sus funciones, dado un incumplimiento de la calidad mínima en el combustible diésel establecida en la presente ley por parte de los agentes de la cadena de refinación, importación, almacenamiento, distribución mayorista, transporte, distribución minorista y grandes consumidores, serán:

- a) Para los refinadores e importadores de combustible diésel, las multas respectivas irán de 50.000 a 100.000 smlmv (salarios mínimos legales mensuales vigentes);
- b) Para los almacenadores, distribuidores mayoristas, distribuidores minoristas, transportadores y grandes consumidores, las multas respectivas irán de 10.000 a 50.000 smlmv.
- c) Se podrá suspender a los infractores, en cualquier caso, hasta por un año en el ejercicio de su actividad;
- d) A los infractores reincidentes se les podrá cancelar definitivamente la autorización para ejercer actividades relacionadas con el uso y manejo de combustible diésel en todo el territorio nacional.

Parágrafo. Para la imposición de las anteriores sanciones el Ministerio de Minas y Energía deberá observar el procedimiento sancionatorio establecido por la ley y el principio de la proporcionalidad de la sanción; la naturaleza, efectos, circunstancias y daño probable de la conducta a sancionar; así como los principios del debido proceso que rigen las actuaciones administrativas.

Artículo 5°. La presente ley rige a partir de la fecha de su publicación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

3. Ley del diesel (1205 de 2008).

¿Que establece la Ley del Diesel? – Azufre (ppm).

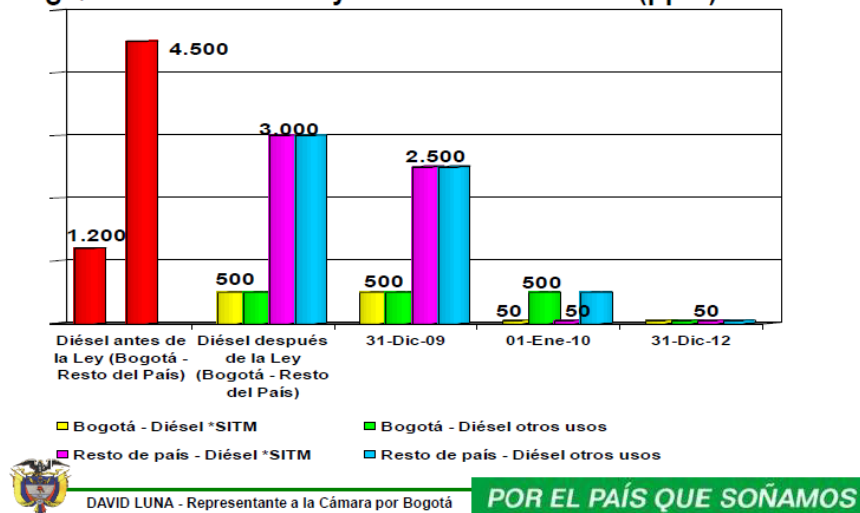


Ilustración 12. Comparativo de la Ley Diésel

4.3.4 NORMA NTC 4231

Procedimiento de medición y características de los equipos de flujo parcial necesarios para evaluar las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con diésel método de aceleración libre.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

Esta norma tiene como objeto establecer la metodología para evaluar las emisiones de humo del escape de los vehículos accionados con diésel, realizadas en condiciones de aceleración libre y cuyo resultado será comparado con lo establecido en reglamentación ambiental vigente.

Así mismo, se establece las características técnicas mínimas de los equipos de flujo parcial, necesarios para realizar y certificar dichas mediciones dentro del desarrollo de los programas de control vehicular.

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA OPACIDAD.

Las condiciones ambientales pueden afectar los resultados de la prueba de humos en aceleración libre, por lo cual se debe cumplir con lo siguiente:

- Temperatura ambiente: debe estar por encima de 2°C (36°F)
- Los recintos en donde se realicen las pruebas no deben favorecer una concentración de gases que puedan afectar la medición y perjudicar la salud de los operadores.
- Humedad: no debe existir humedad visible, neblina o lluvia en de la el área donde se efectuó la medición de opacidad.

Antes de llevar a cabo el ensayo de aceleración libre, debe configurarse la unidad de datos del medidor de humo. Se recomienda consultar las instrucciones de operación provistas por el fabricante de la unidad de procesamiento, para procedimientos específicos de configuración; se deben cumplir los pasos funcionales. Reacciones de Beer-Lambert,

- Se debe seleccionar como unidad de medida, aquella requerida por la unidad ambiental competente (porcentaje de opacidad o densidad de humo)
- Solamente, en caso de requerirse el reporte de unidades en porcentaje de opacidad, la unidad de procesamiento de datos debe realizar las correcciones de Beer-Lambert
- Si se emplea una fuente luminosa del medidor de humo de LED (diodo emisor de luz) rojo y se van a realizar correcciones de longitud de onda de la fuente de luz dentro de la unidad de procesamiento de datos, se deben realizar las selecciones adecuadas para activar estos cálculos.

La unidad configurada se debe encender e inicializar, asegurándose del correcto estado de mantenimiento y calibración de la misma, de acuerdo con las instrucciones contenidas en el manual de operación provisto por el fabricante y lo establecido en la presente norma.

Antes de efectuar las mediciones de humo, el medidor de humo debe verificar los valores de cero y escala máxima (algunos medidores pueden realizar en forma automática las revisiones de cero y escala máxima. En otros medidores la secuencia debe realizarse manualmente).

Calentamiento de medidor. Antes de cualquier revisión o ajuste de cero y/o escala máxima, el medidor de humo debe calentarse y estabilizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si el medidor de humo está equipado con un sistema de purga de aire, a fin de evitar que se llene de hollín el medidor óptico. Se recomienda activar este sistema y ajustarlo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El equipo no debe permitir mediciones si no ha superado su tiempo o temperatura de calentamiento.

Cero del medidor de humo. Con el medidor en el modo de lectura de opacidad, y sin bloqueo del haz luminoso del medidor de humo, se ajusta la lectura para presentar opacidad de 0.0 % +/- 1.0 % si se calibra en unidades de densidad de humo medidor

Escala total del medidor de humo. Con el medidor de humo en el modo de lectura de opacidad, y evitando que cualquier luminosidad alcance el detector, se ajusta la lectura del medidor para que presente opacidad de 100.0 % \pm 1.0%, o si se efectúa la calibración de recorrido de la escala del medidor de humo y el fabricante lo requiere, con el medidor de humo en el modo de lectura de densidad de humo (k), se instala un filtro de densidad neutra de valor conocido entre el emisor de luz y el detector. El filtro de densidad neutra debe cumplir con los requisitos de precisión.

Se debe determinar la potencia nominal del vehículo solamente en el caso de reporte de resultados en porcentaje de opacidad. En este caso, los valores de potencia nominal del vehículos de ser asignados directamente por el software de aplicación de acuerdo con la marca y línea del vehículo a partir de una base de datos ingresada y suministrada por la autoridad competente

En caso de que el motor del vehículo haya sido modificado y su potencia no corresponda a la de marca y línea originales, el software debe permitir digitar el valor de la potencia, el cual será el nominal inscrito en la placa o calcomanía de reglaje fijada en el motor. Solamente, cuando sea imposible acceder la información anterior referente a la potencia, el software de aplicación de permitir ingresar el valor del diámetro externo real del tubo de escape, a fin de que el software de aplicación relacione esta información con una longitud real efectiva y realice los cálculos.

5. IMPACTO AMBIENTAL

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es las ediciones de energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo.

En la Unión Europea este tipo de energías son responsables de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), del 25 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO_x).

El impacto ambiental del MCI está relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados "gases de invernadero", y la reducción de los niveles de ruido.

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado "efecto invernadero", provocado por las emisiones a la atmósfera de gases tales como: CO₂, metano, óxido nitroso y los cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de un tratamiento para los problemas ambientales, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.

5.1 EFECTOS DE LOS EXCESOS DE NO_x.

Estos son algunos de los efectos causados por los motores de combustión interna sobre el medio ambiente:

- Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.
- Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al hombre, la flora y la fauna.
- Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
- Consumo de agua potable.
- Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el rendimiento de los trabajadores y ocasiona molestias en sentido general.

Se conoce como sustancias tóxicas aquellas que ejercen una influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente, durante el trabajo de los MCI del émbolo se desprenden y las siguientes sustancias tóxicas:

- Óxidos de nitrógeno
- Hollín
- Monóxido de carbono
- Hidrocarburos
- Aldehídos
- Sustancias cancerígenas (bencipireno)
- Compuestos de azufre y plomo

Además de los gases de escape de los MCI, otras fuentes de toxicidad son también los gases del cárter y la evaporación del combustible a la atmósfera. De este modo, la toxicidad de los motores diésel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín.

Se conocen como "la bestia negra de los ecologistas", los motores diésel tienen mucha menos responsabilidad en la contaminación ambiental de la que se les imputa normalmente aunque se asume que su contaminación es más por la típica emisión de humo negro formado por partículas microscópicas que no son tóxicas pero si molestan. Estudios realizados demuestran que los niveles de emisión de dióxido de carbono en motor diésel son claramente más bajos que un motor de gasolina de igual potencia.

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el "efecto invernadero", fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos.

De acuerdo con estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos; de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de "gases del efecto invernadero", la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década. Consecuentemente, se producirán incrementos en el nivel del mar que pudiera ser entre 20 y 50 cm. para el año 2005 y de alrededor de 1 m. para el año 2100.

Los métodos de reducción de la toxicidad y el humeado de los MCI pueden ser divididos en dos grupos: los constructivos y los explotativos.

Entre los métodos constructivos se encuentran la recirculación de los gases de escape y la neutralización de los mismos.

Dentro los métodos explotativos se encuentran el estado técnico del MCI y su correcta regulación, perfeccionamiento de los procesos de formación de la

mezcla y de combustión, la correcta selección de los combustibles y sus aditivos, y la utilización de los biocombustibles.

Para la neutralización de los gases de escape desde hace años se habla de catalizadores de tres vías, de catalizadores de oxidación, de sondas Lambda o de válvulas ERG.

6. APLICACIONES DEL CATALIZADOR SELECTIVO SCR

Como ya se ha hablado anteriormente el SCR es una tecnología que utiliza un fluido para el sistema de escape basado en urea (DEF) y un convertidor catalítico, para reducir significativamente las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx). El SCR es la tecnología principal que está siendo usada para cumplir con las regulaciones de emisiones en todos los vehículos diésel.

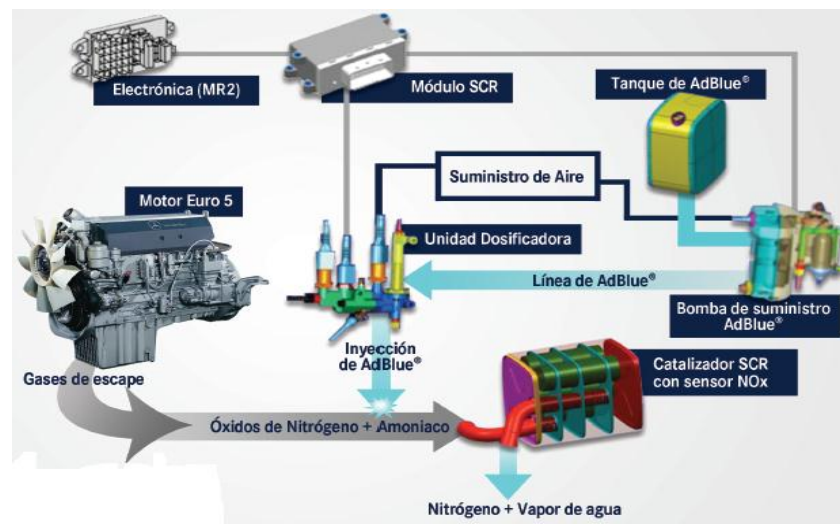


Ilustración 13. Funcionamiento del catalizador selectivo SCR.

6.1 TIPOS DE VEHICULOS

A continuación relacionaremos algunos de los vehículos que cuentan con este sistema de conversión catalítica SCR tanto livianos, como vehículos pesados.

- Todos los nuevos motores PACCAR de DAF Trucks incluyen un sistema avanzado de inyección de combustible a alta presión para lograr la máxima eficiencia y la mínima emisión de partículas posibles. Hay dos tecnologías capaces de cumplir los estrictos requisitos de las normas EURO 4, La Reducción Catalítica Selectiva (SCR) y la Recirculación de los Gases de Escape (EGR).

En la fase de la norma EURO 5 solo hay una tecnología que cumple con estos requisitos el SCR. Vamos a hacer una comparación entre estas tecnologías.

La tecnología SCR se basa en optimizar el periodo de la inyección de combustible de modo que este sea quemado de forma más eficiente, reduciendo radicalmente las emisiones de partículas (hollín). Los óxidos de nitrógeno son convertidos en nitrógeno y agua, totalmente inocuos mediante la inyección de un líquido llamado Adblue, en el flujo de escape y haciendo circular los gases a través de un convertidor catalítico. Los camiones Daf están equipados con un depósito adicional de capacidad de 75 litros, que proporciona 5000 km de autonomía. Lo único que se debe realizar es llenar el depósito de Adblue y la tecnología hará el resto.

La tecnología alternativa EGR se base en recircular hasta un 30% de los gases de escape del motor en el proceso de combustión. Con ello se reducen los niveles de oxígeno, se enfrían los gases y se reducen los óxidos de nitrógeno, el efecto negativo es que aumentan las emisiones de partículas, de modo que es necesario utilizar algún tipo de filtro de partículas para mantenerlas dentro de sus límites.

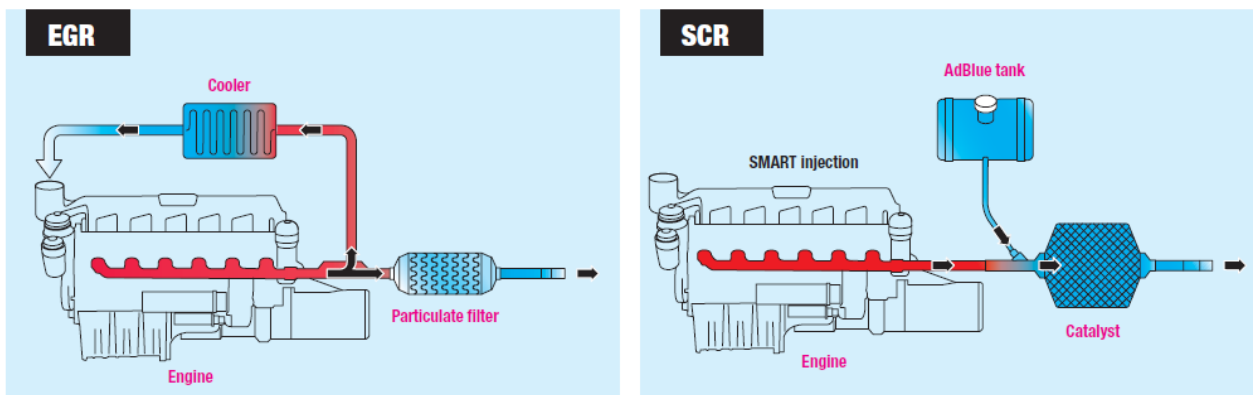


Ilustración 14. Comparativo de los sistemas en vehículos DAF

- Las soluciones de Doosan (motores daewoo) es la reglamentación de las emisiones son los agentes contaminantes que se producen cuando un motor diésel quema combustible. La tecnología EGR disminuye la producción de óxidos de nitrógeno (NOx) en las cámaras de combustión haciendo recircular los gases de escape de vuelta al motor. Esto reduce la producción de NOx en la moto par pero aumenta la de partículas. Los cuales se tratan inyectado una solución de urea llamada Adblue (también conocida como DEF o líquido para gases de escape diésel) en los gases de escape a fin de convertir los NOx en gas nitrógeno inocuo y en vapor de agua.

Para la fase IV, el uso combinado de EGR y SCR de tanta eficiencia a la limpieza que ciertos motores pueden gestionarse sin el volumen y la complejidad de un DPF. Estas tecnologías también cuentan con un gran potencial para su desarrollo en el futuro. El sistema de pos tratamiento es "SIN DPF" gracias a un turbocompresor de geometría variable (VGT) a DOC y a la ulterior mejora de componentes actuales como recirculación de los gases de escape (EGR)

- Los motores Cummins cubrirán las necesidades del mercado en estos tiempos de desafíos económicos que vivimos. Los motores Cummins de rango pesado con SCR van a proveer un ahorro substancial de combustible, mayor al 5%. La tecnología catalítica SCR alcanza una eficiencia mucho mayor en la conversión de óxidos de nitrógeno (NOx), de tal modo que permite al motor estar totalmente optimizado. Otro beneficio adicional al rendimiento del combustible es una reducción en la frecuencia de cambio del filtro de partículas (DPF), lo cual reduce el costo de mantenimiento.
- BlueTec® 5 es la tecnología aplicada en los autobuses Euro 5, desarrollo de Mercedes-Benz que combina una combustión optimizada con un sistema de depuración de los gases de escape. BlueTec® 5, está basado en el principio denominado Reducción Catalítica Selectiva (conocido como SCR, por sus siglas en inglés), que mediante la mezcla de aire y una solución de urea (AdBlue®), obtiene amoníaco; éste último se mezcla con los gases de escape, reaccionando con el óxido de nitrógeno, produciendo nitrógeno y vapor en agua. De esta manera se ayuda a reducir las emisiones visibles (humo) generadas por los vehículos de transporte público ayudando al cuidado del medio ambiente.

Bibliografía

Autonocion.com. (s.f.). Obtenido de <http://www.autonocion.com/adblue-urea-aditivo-anticontaminacion/>

Bogota, A. d. (24 de Junio de 2008). *Diario Oficial* . Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31146>

Bogota, A. d. (29 de Octubre de 2012). *Diario Oficial*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=50125>

CALLEJA, D. G. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Ediciones Paraninfo, S.A.

DAF. (s.f.). SCR La mejor tecnología .

DOOSAN. (s.f.). *Doosan Infracore Construction Equipment*. Obtenido de <http://www.doosanequipment.eu/doosanequipment/eu-es/products/stageiv/doosan-solutions-stageiv/doosan-solutions-egr-dpc-scr.page>

EPA. (s.f.). *EPA Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos* . Obtenido de <http://espanol.epa.gov/espanol/leyes-y-normas-reglamentos-ambientales>

Filtration, C. (2009). Fluido para sistemas de escape a diesel.

Isabella Nova, E. T. (2014). *Urea-SCR Technology for deNOx After Treatment of Diesel Exhausts*. Springer Science & Business Media.

José, P. (2012). *Sistemas auxiliares del motor*. Editex.

Pascal Granger, V. P. (2007). *Past and Present in DeNOx Catalysis: From Molecular Modelling to Chemical Engineering*. Elsevier.

Porsche AG. (s.f.). Información Técnica Service . Stuttgart , Alemania .

ruedas, E. s. (s.f.). *europasobreruedas.com*. Obtenido de <http://www.europasobreruedas.com/faq/emisiones-co2.html>

TATA Daewoo Commercial Vehicle . (s.f.). Operation & Maintenance Manual . Gunsan , Corea del Sur .

Zhao, H. (2009). *Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development: Diesel Engines*. Elsevier.