

TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES EN EL PARQUE AUTOMOTOR – VEHÍCULOS DE CARGA.

Claudia Sánchez, Consultora en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

Abstract— Los retos actuales del cambio climático han generado la necesidad de identificar alternativas que permitan en todos los campos de la tecnología, buscar alternativas de optimización y disminución del impacto ambiental relacionado con su operación. En el caso de la industria del transporte y concretamente de los vehículos de carga existen normativas y reglamentaciones en diferentes puntos geográficos con metas específicas para el cumplimiento en plazos de años, que permitan la disminución de las emisiones relacionadas con la combustión. El presente artículo pretende hacer un breve estado del arte, relacionado con las tecnologías orientadas a realizar control de emisiones en vehículos de carga, resaltando las más comúnmente utilizadas con sus restricciones.

Palabras Clave — Camiones diésel, control de emisiones, euro 4, euro 5.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia el mercado de Buses y Camiones está en proceso de transformación. Las razones del cambio en este segmento del mercado automotor son varias y se originan primordialmente en la llegada de nuevos competidores, la oportunidad dada por un incremento en la demanda de transporte de carga, las exigencias normativas desde las entidades estatales, así como nuevos requerimientos del cliente final. La suma de estos factores genera grandes retos a la industria que en la actualidad fabrica localmente estos productos.

Dados los efectos del mercado, cada día están llegando al país nuevos competidores tanto para realizar actividades de ensamble como de comercialización de camiones y de buses. De acuerdo con el perfil sectorial de la industria automotriz (PROEXPORT, 2012) existen decisiones de inversión en el país, que han incrementado la oferta: por ejemplo en el segmento de camiones, la empresa china Foton, inició el ensamble de camiones ligeros (menores a 10 ton), que corresponden al mismo tipo de camión que se fabrican tanto General Motors como Hino; en el caso del segmento de buses, por su parte, se realizó alianza estratégica entre Mercedes Benz y Dana para fabricar dos modelos de buses orientados al sistema de transporte masivo (PROEXPORT, 2012).

Adicionalmente, entidades de orden nacional como los ministerios y de orden territorial, como las secretarías de transporte de ciudades y departamentos están desarrollando Reglamentos Técnicos (que adoptan normas que serán de obligatorio cumplimiento), resoluciones entre otros, para normalizar el sistema de transporte tanto de carga como de pasajeros, en términos de seguridad, confort y de disminución de impacto ambiental, los cuales añaden requerimientos a los productos y demandan desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías, con respecto a los que se fabricaban hasta la fecha.

Teniendo en cuenta los requerimientos de reglamentación vigente, se hace necesario evaluar las tecnologías que requieren los vehículos y procesos productivos, con el fin de establecer las capacidades que se deben adquirir en diseño e ingeniería que redunden en procesos óptimos de fabricación y desarrollo de vehículos que cumplan con la normatividad.

2. REGULACIÓN AMBIENTAL PARA PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR LA OPERACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA.

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “la contaminación del aire en el país estaba causada principalmente por el uso de combustibles fósiles. El 41% del total de las emisiones se generaba en ocho ciudades. Las mayores emisiones de material particulado (PM) menor a 10 micras (PM10), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) estaban ocasionadas por las fuentes móviles”. De un diagnóstico realizado en varios centros urbanos, en el año 2007 sobre las fuentes de contaminación del aire, se hizo evidente la necesidad de incrementar el control tanto de las fuentes de emisión fijas como las móviles para garantizar el cumplimiento de las normas vigentes (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). En este sentido, se elaboraron documentos (como la Resolución 910 de 2008) que reglamentaban los niveles permisibles de emisión de contaminantes en fuentes móviles terrestres. Por otro lado, el mismo documento de Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, estableció objetivos que deben cumplirse para mejorar la calidad del aire, los cuales serán medidos por indicadores, como los que se muestran en la tabla 1.

TABLA 1
INDICADORES DE LA POLÍTICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

INDICADOR	META 2014	META 2019
Estaciones de calidad del aire reportando cumplimiento de la norma de calidad del aire en el país	90%	100%
Crecimiento anual de los incentivos tributarios otorgados a sistemas de control de emisiones contaminantes y medición de la calidad del aire	5%	8%
Cumplimiento de los límites máximos de emisión permisible para fuentes fijas	98%	100%
Calidad del diésel que se distribuye en el país acorde con estándares internacionales	Euro IV	Euro V
Calidad de la gasolina que se distribuyen en el país acorde con estándares internacionales	Euro III	Euro IV
Tecnologías de los vehículos que ingresan al país acorde con los combustibles disponibles	Euro IV para diésel Euro III para gasolina	Euro V para diésel Euro IV para gasolina
Sistema nacional de vigilancia de PM2.5 en operación	80% de regiones con problemas de PM2.5	100% de regiones con problemas de PM2.5
Incentivos al uso de tecnologías vehiculares más limpias	Política formulada	Política implementada
Programa de desintegración de vehículos	Programa formulado	Programa implementado

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

2.1 RENOVACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA

El Plan de Desarrollo (Ley 1450 de 2011) creó el fondo de Renovación de Vehículos de Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Carga. Este fondo fue creado tanto para fomentar la formalización, como la modernización del parque automotor para flotas de pequeños propietarios.

En transporte de carga, se está estructurando Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés) que pretende complementar la estructuración del Fondo de Renovación de Vehículos, promoviendo su remplazo por vehículos con tecnología EURO IV o superiores con el fin de reducir el impacto negativo del transporte motorizado. (Zaninivich Victoria, 2012)

2.2 EURO IV

La regulación europea de emisiones (referida a vehículos y máquinas) se conoce comúnmente como Euro 1 a Euro 6. Las emisiones se controlan con estándares diferenciados para vehículos a diésel y vehículos a gasolina. Particularmente se controlan los hidrocarburos (HC) el dióxido de carbono (CO₂) los óxidos nítricos (NO_x) y el material particulado (PM) (Ver Figura 1).

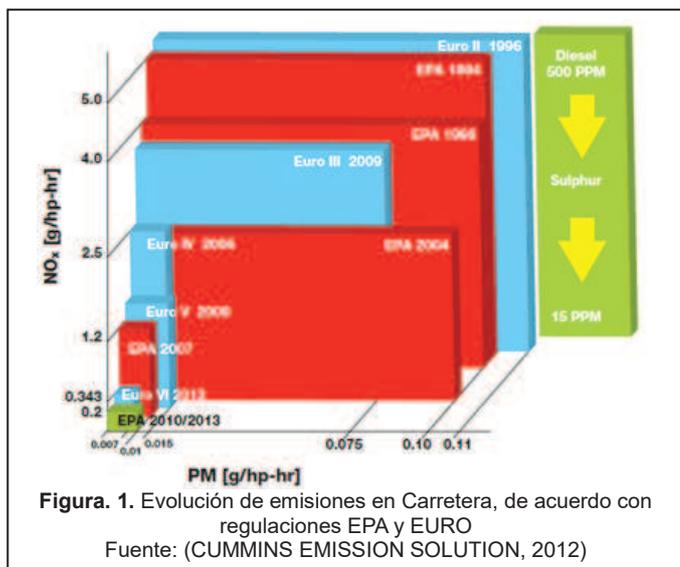


Figura 1. Evolución de emisiones en Carretera, de acuerdo con regulaciones EPA y EURO
Fuente: (CUMMINS EMISSION SOLUTION, 2012)

Para el caso de aplicación en Colombia, la clasificación de los vehículos y sus correspondientes límites máximos (Ver Tabla 3 y Tabla 4), de acuerdo con el tamaño del vehículo (Ver Tabla 2) están regulados a partir de la Resolución 2604 de 2009.

Actualmente, los buses y camiones en Colombia están bajo la regulación Euro 4. Sin embargo, debido a los planes de mejoramiento ambiental, se tienen previsto que los modelos que circulen para 2019 sean Euro 5, de acuerdo con la Política de Control y Contaminación del Aire.

Las emisiones de NO_x y de PM en Euro 3, representan una reducción aproximada del 30% con respecto al Euro 2 que tienen los vehículos actualmente en el país. Sin embargo, de acuerdo con la Tabla 1, se tendría una reducción en Euro 4 de aproximadamente un 30% en NO_x, y un 80% en PM comparando con los niveles de Euro 3. Esta disminución corresponde a una mejora

significativa en el impacto ambiental relacionado con el uso de este tipo de vehículos.

TABLA 2
CLASIFICACIÓN DE FUENTES MÓVILES DE EMISIONES.

Categoría	Subcategoría	Capacidad	Peso neto	Peso bruto	ALW	LW	
			(kg)				
LDV		≤ 12 Pasajeros		≤ 3.856			
LDT	LLDT	LDT1	≤ 2.722	> 2.722	≤ 2.608	≤ 1.701	
		LDT2				> 1.701	
	HLDT	LDT3				≤ 3.856	> 2.608
		LDT4				> 3.856	> 2.608
HDV	MDPV	< 12 Pasajeros	> 2.722	> 3.856		< 4.537	
	LHDE					> 3.856	
	HHDE					≤ 6.350	
	LHDE					> 6.350	
	MHDE					> 3.856	< 8.845
	HHDE					≥ 8.845	≤ 14.969
	Urban bus	> 15 Pasajeros				> 14.969	

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009)

La necesidad de cumplir con estas reglamentaciones y contribuir con la disminución de emisiones, ha generado la necesidad de investigar y desarrollar diferentes tecnologías orientadas a mitigar los impactos que los vehículos generan.

3. TECNOLOGÍAS DE CONTROL DE EMISIONES

En las máquinas diésel, se han encontrado compensaciones

TABLA 3
LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN PERMISIBLES EN LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA, PARA VEHÍCULOS DIESEL, LIVIANOS Y MEDIANOS

Estándar	Subcategoría	CO	NMHC	NO _x	HC+O	PM
		g/km				
Estándar intermedio	LDV, LDT1	2.11	0.047	0.124	0.009	0.037
	LDT2	2.11	0.062	0.124	0.009	0.037
Estándar final	LDT3, LDT4, MDPV	2.11	0.087	0.124	0.009	0.037
	LDV, LDT1	2.61	0.056	0.186	0.011	0.037
	LDT2	2.61	0.081	0.186	0.011	0.037
	LDT3, LDT4, MDPV	2.61	0.112	0.186	0.011	0.037

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

entre las emisiones de NO_x, las emisiones de PM y el consumo de combustible. Las medidas que se toman para disminuir las emisiones o para optimizar el consumo de combustible, se reflejará de manera negativa en las otras variables. Este aspecto es crítico cuando se trata de vehículos comerciales, por cuanto el consumo de combustible es un criterio de selección muy importante, ya que de ello depende la utilidad de su operación. (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002)

Los fabricantes de motores han buscado nuevas alternativas en diferentes puntos del sistema de potencia. Dentro del motor por ejemplo, algunas de las mejoras que se han desarrollado se han enfocado en la mezcla de combustible, en el tiempo de ignición y en diseño de la cámara de combustión (MIRA Ltd., PBA,

LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002). Sin embargo, teniendo en cuenta la restricción mencionada anteriormente, para cumplir con los requerimientos Euro, se han desarrollado tecnologías después del tratamiento de aire, en dos vías generales: la primera, está orientada a mejorar el comportamiento del motor, disminuyendo las emisiones de NOx y usar un filtro de partículas diesel que busca reducir las PM; el segundo caso, está orientado a mejorar el comportamiento de motor controlando el PM y tecnologías para reducir las emisiones de NOx. La figura 2 permite ver gráficamente la compensación entre NOx y PM, así como los requerimientos para cumplir con los límites Euro 4 y Euro 5. En algunos casos, será necesario utilizar dispositivos o partes que aborden los dos tipos de solución, con el fin de cumplir con los límites de emisiones establecidos.

Las tecnologías que se han desarrollado, para cumplir con los requerimientos Euro, se han enfocado en dos partes fundamentales: En primer lugar, una intervención directa en el motor, con el fin de reducir las emisiones a la salida del mismo; otra opción corresponde al desarrollo de dispositivos de tratamiento posterior a la salida de gases del motor, para remover el material particulado.

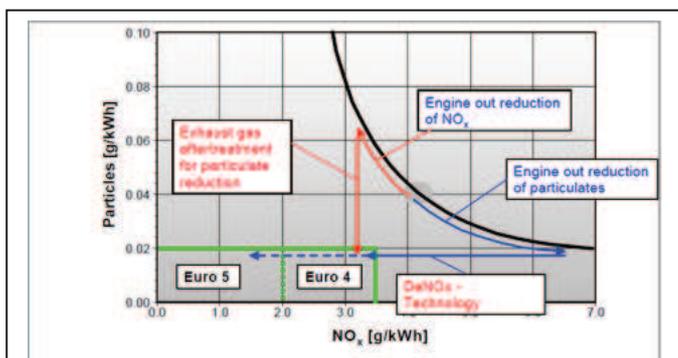


Figura 2. Compensación NOx vs PM y los requerimientos para cumplir con los límites Euro 4 y Euro 5
Fuente: (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002)

4. TECNOLOGÍAS DE CONTROL DE EMISIONES DE INTERVENCIÓN EN EL MOTOR

Este tipo de tecnologías, que todavía se requieren para complementar los esfuerzos realizados de manera integral en la máquina, se han concentrado en mejorar la preparación de la mezcla de combustibles, del tiempo de ignición, así como en el diseño de la cámara de combustión (mejorando materiales y tolerancias). A continuación se encuentran las descripciones de algunas de las tecnologías que se han desarrollado en el motor, para control de emisiones.

4.1.1 RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE (EGR POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Permite reducir las emisiones de NOx recirculando una proporción de los gases de escape, dentro del cilindro de combustión. El oxígeno agotado del gas de escape se mezcla con el aire fresco que está siendo conducido dentro del cilindro, reduciendo de esa manera el oxígeno disponible en la mezcla. Adicionalmente, reduce el pico de temperatura en el cilindro. Esto inhibe la forma-

ción de NOx (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002). La figura 3 muestra un diagrama del sistema que permite la recirculación de gases de escape EGR.

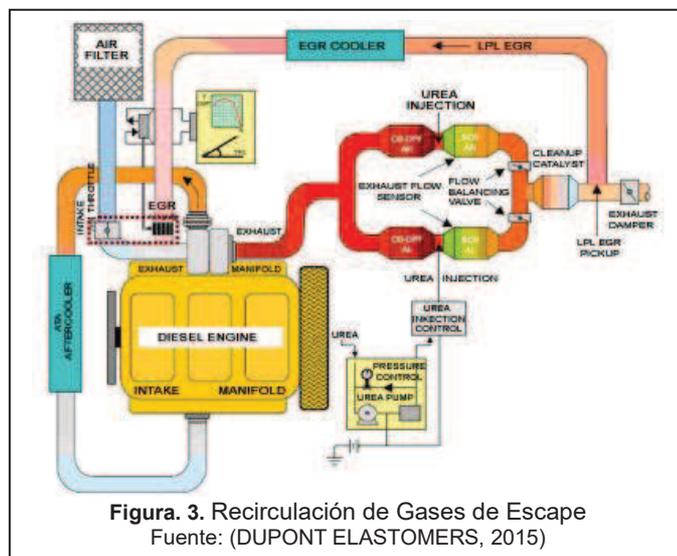


Figura 3. Recirculación de Gases de Escape
Fuente: (DUPONT ELASTOMERS, 2015)

4.1.2 TURBOCOMPRESOR

Debido a la compresión del aire de admisión que genera el turbocompresor, y por lo tanto al incremento del oxígeno, que ingresa en el cilindro, la implementación de este sistema permite la reducción de PM. Para generar un proceso más eficiente, se requiere controlar el nivel de turbocompresor a diferentes cargas y velocidades, usando geometrías variables y adicionalmente, enfriamiento del aire, usando controles electrónicos en el refrigerador intermedio (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002).

TABLA 4

LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN PERMITIDOS PARA VEHÍCULOS PESADOS CON MOTOR DIESEL

Subcategoría	CO	NMHC	NO _x	HC+HD	PM	
	g/km					
Estándar intermedio	LDV, LDT1	2.11	0.047	0.124	0.009	0.037
	LDT2	2.11	0.062	0.124	0.009	0.037
	LDT3, LDT4, MDPV	2.11	0.087	0.124	0.009	0.037
Estándar final	LDV, LDT1	2.61	0.056	0.186	0.011	0.037
	LDT2	2.61	0.081	0.186	0.011	0.037
	LDT3, LDT4, MDPV	2.61	0.112	0.186	0.011	0.037

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009)

4.1.3 CÁMARA DE COMBUSTIÓN RECUBIERTA

El objetivo de esta técnica es conseguir mayor eficiencia térmica, disminuyendo la pérdida de calor en la cámara de combustión. Para realizar los recubrimientos, se utilizan materiales cerámicos principalmente, por cuanto poseen baja conductividad térmica. Adicionalmente, se buscan bajos coeficientes de expansión, que permitan mantener el recubrimiento, sin afectar el funcionamiento de la cámara de combustión. Aunque se han probado varios materiales, no es factible establecer que efectivamente es útil para cumplir con Euro 4 y Euro 5, por cuanto no disminuye las Fracciones Solubles Orgánicas (SOF), de acuerdo con los estudios

realizados. Sin embargo, se presenta con esta técnica una disminución de más del 50% de la fracción de partículas sólidas (de carbono), además de disminuir tanto el monóxido de carbono como el humo visible (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTh, TU Graz, TNO Automotive, Vito , 2002).

5. TECNOLOGÍAS DE CONTROL DE EMISIONES POR DISPOSITIVOS DE TRATAMIENTO POSTERIOR A LA SALIDA DEL MOTOR

El desarrollo de dispositivos para el tratamiento posterior de los gases de salida del motor, se ha convertido en elemento fundamental, para complementar los esfuerzos de mejora en la máquina y facilitar el cumplimiento de Euro 4 y Euro 5, por cuanto es muy poco probable tener una eficiencia aceptable de máquina, con las tecnologías convencionales para disminuir emisiones, sin usar estos dispositivos. (Graz University of Technology, TNO Automotive, Technion - Israel Institute of Technology Flemish Institute for Technological Research, 2005)

Para realizar la selección de la tecnología de estos dispositivos, se deben tener en cuenta varios factores (Wagner & Rutherford, 2013):

- El nivel de reducción de emisiones que se espera obtener
- La aplicación y los ciclos de carga de los vehículos, a los cuales se les implementaría el sistema
- La calidad del diésel, siendo esta importante, por cuanto el contenido de sulfuro en el diésel puede resultar una restricción para el proceso que requiere un bajo contenido de sulfuro, para hacer posible una regeneración periódica.

5.1.1 CATALIZADOR DE OXIDO DE DIESEL (DOC)

Promueve la oxidación de CO, HC, SO₂ y de las Fracciones Solubles Orgánicas de diésel. (SOF). Los DOC están diseñados para obtener una baja actividad de SO₂, a través de una actividad suficientemente alta de SOF y HC. Disminuye las emisiones de PM (permite una reducción de 20–50% de PM) ya que es utilizado después del tratamiento posterior, para oxidar NO a NO₂. La figura 4 permite ver un esquema del dispositivo y su mecanismo de acción.

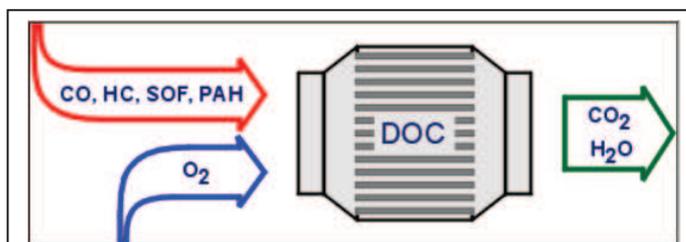


Figura 4. Diesel Oxidation Catalyst

Fuente: (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTh, TU Graz, TNO Automotive, Vito , 2002)

Este dispositivo es implementado en vehículos EURO 4 y superiores, >80% CO y reducción de HC, cumple con los requisitos de nivel de emisión de sulfuros si tiene <350 partes por millón (ppm) siendo viable y <50 preferible. No reduce partículas finas y puede incrementar las tasas de NO₂/NO (Wagner & Rutherford, 2013).

5.1.2 FILTRO DE PARTÍCULAS DIESEL (DPF POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Está diseñado para atrapar emisión de partículas tanto sólidas como líquidas, mientras permite la salida de los gases de escape. El tipo más común de DPF consiste en un amplio número de canales con extremos alternos en la matriz de canal conectado, lo cual fuerza los gases de escape a entrar por las paredes laterales de los canales. Con el fin de mantener sus propiedades de filtro, requiere de procesos adicionales: Una regeneración controlada en el filtro, donde las partículas que han sido recolectadas, deben ser quemadas a temperaturas inferiores a las críticas para evitar el daño del material del filtro. Adicionalmente, se requiere una durabilidad de más de 100.000 Km. donde se minimice el aumento de contrapresión debido a la ceniza acumulada en el filtro de partículas (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTh, TU Graz, TNO Automotive, Vito , 2002). La figura 5 permite ver un esquema del dispositivo y su mecanismo de acción.

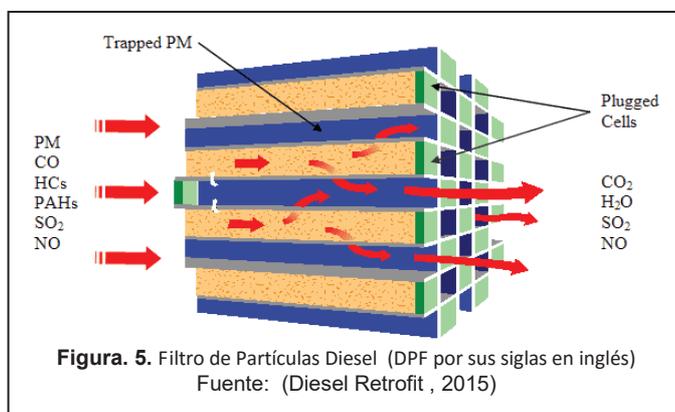


Figura 5. Filtro de Partículas Diesel (DPF por sus siglas en inglés)
Fuente: (Diesel Retrofit , 2015)

Este dispositivo es implementado en vehículos EURO 4. Cumple con los requisitos de nivel de emisión de sulfuros si tiene <50 partes por millón (ppm) requeridas para esta tecnología y <10 preferible (Wagner & Rutherford, 2013).

5.1.3 FILTRO DE PARTÍCULAS DIESEL CATALIZADO (CDPF)

Es un método de regeneración del DPF. Se aplica un material catalítico directamente al filtro, con el fin de reducir la temperatura de oxidación de las partículas alrededor de 300 °C. Los materiales aplicados como recubrimiento por lo general son metales nobles, de los cuales el platino es el usado más comúnmente.

5.1.4 REGENERACIÓN CONTINUA FILTRO DE PARTÍCULAS DIESEL (CR - DPF POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Modelo de regeneración que contiene un metal precioso como catalizador y un filtro de partículas. Se conforma de dos cámaras, la primera de las cuales oxida una porción de NO a NO₂, así como CO y HC en CO₂ y H₂O. En la segunda, con el flujo de los gases de escape, las partículas quedan atrapadas en un filtro y adicionalmente, usa el NO₂ que sale de la primera cámara, para

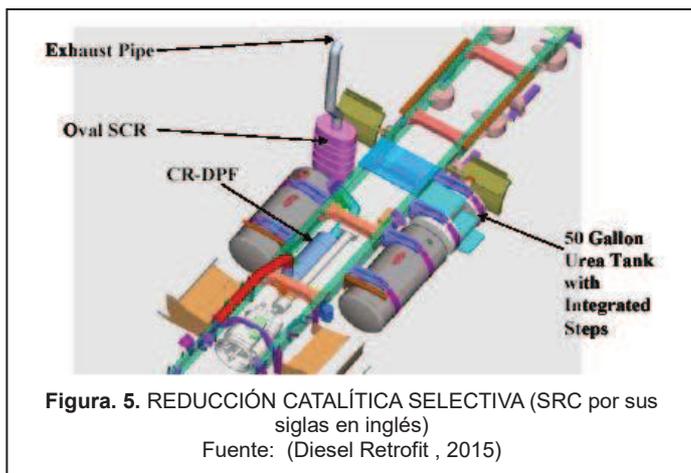
quemar a 250° las partículas atrapadas.

5.1.5 FUEL-BORNE CATALYSED FILTER

Se usa un aditivo para reducir la temperatura de ignición de las partículas. Después de llenar, y en una proporción con respecto al combustible que posee el vehículo, se introduce un aditivo. Este aditivo tiene una ventaja fundamental, relacionada con la incorporación del catalizador a la partícula (PM) y no se tiene solo en la superficie del filtro. Actualmente, se usan aditivos como cerio, hierro y estroncio. La desventaja principal de esta técnica es la necesidad de un tanque para almacenamiento adicional.

5.1.6 REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA (SRC POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

El SCR es una estructura de nido de abeja de material cerámico que actúa como catalizador (Ver Figura 5). En este sistema se disuelve urea en agua y se inyecta en la corriente de gas de escape. La inyección de urea comienza a una temperatura de escape definido, y por lo general, controlado por un sensor de temperatura. En un proceso de hidrólisis se convierte en CO₂ y NH₃. De manera alterna, el NH₃ se puede obtener a partir de carbonato de amoníaco. El amoníaco se utiliza como agente reductor de NO_x, para producir N₂ y agua sobre el catalizador SCR. Por lo general, se utiliza un catalizador de oxidación aguas abajo del SCR, con el fin de prevenir un escape de amoníaco (MIRA Ltd.,



PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002).

Aunque es un sistema que permite altas tasas de reducción de NO_x, a bajas temperaturas, introduce sensibilidad a la formación de sulfuros, que pueden inhibir el comportamiento a baja temperatura y generar sulfatos. Desde el inicio de su desarrollo ha sido una preocupación la infraestructura y los requisitos para mantener los tanques de urea llenos, con el fin de garantizar el comportamiento del vehículo en condiciones de cumplimiento de la regulación (MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito, 2002).

Este dispositivo es implementado en vehículos EURO IV y superiores versiones, la eficiencia de control ha sido establecida con una reducción de 50 a 95% de NO_x. Se recomienda un diseño cuidadoso que permita controlar adecuadamente las funciones de tal forma que no se generen emisiones secundarias (Wagner & Rutherford, 2013).

5.1.7 LEAN NOx (DENOX)

Utiliza el mismo principio de operación que el SCR, pero como reductor de NO_x utiliza hidrocarburos. El DeNO_x pasivo utiliza los hidrocarburos del conducto de escape, que contiene el Diésel. Es un sistema por lo tanto, de bajo costo y alta confiabilidad, por lo que es de uso preferencial por los fabricantes, para vehículos comerciales. DeNO_x activo es otro método, que utiliza enriquecimiento de hidrocarburos en el último pistón del motor, o en el mismo sistema de escape descrito anteriormente. Sin embargo, este método tiene un efecto adverso en el consumo de combustible.

CONCLUSIONES

El desarrollo de tecnologías orientadas a la disminución del impacto medioambiental debido a las emisiones de los vehículos de combustión interna tiene actualmente muchas alternativas, pero la gran mayoría tiene mayores oportunidades de investigación y desarrollo. Las tecnologías revisadas en este documento, de acuerdo con los estudios analizados tienen restricciones que impiden su aplicación como soluciones únicas. De hecho, dentro de las tecnologías relacionadas en este documento, se encontraron soluciones que combinaban varios dispositivos, con el fin de dar respuesta a diferentes tipos de emisiones. Por lo tanto, generar desarrollos alrededor de estos temas con diferentes enfoques y puntos de aplicación en los vehículos es relevante y puede ser una oportunidad de generar soluciones de impacto para la industria del automóvil y la industria del transporte.

BIBLIOGRAFÍA

- CUMMINS EMISSION SOLUTION. (2012). *Products and Solutions Cummins Emission Solution*. Recuperado el 16 de Octubre de 2012, de Sitio Web de Cummins: http://cumminsemissionsolutions.com/CES/CESContent/SiteContent/en/Binary_Asset/PDF/Final_CES_Pocketcard_3_12_FINAL.pdf
- Diesel Retrofit . (2015). Obtenido de Manufacturers of Emission Controls Association (MECA): <http://www.meca.org/diesel-retrofit/what-is-retrofit>
- DUPONT ELASTOMERS. (2015). *Imágenes Recirculación gases de escape*. Obtenido de Sitio Web de DUPONT ELASTOMERS: <http://www.dupontelastomers.com/images/autofocus/a9/egr-new.jpg>
- Graz University of Technology, TNO Automotive, Technion - Israel Institute of Technology Flemish Institute for Technological Research. (27 de Julio de 2005). *Sitio web l'INRETS*. Recuperado el 16 de Octubre de 2012, de l'INRETS: http://inrets.fr/ur/lte/publications/fichesresultats/ficheartemis/road3/modeelling33/Artemis_del4_HDV.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Banco de Documentos: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Recuperado el 10 de octubre de 2012, de Sitio Web del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:

http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_calidad_aire.pdf

Ministerio de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Resolución 2604 de 24 de diciembre de 2009*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

MIRA Ltd., PBA, LTA/AUTH, TU Graz, TNO Automotive, Vito . (2002). *Study on Emission Control Technology for Heavy Duty Vehicles Final Report: Volume 1 Survey of Future Emission Control Techniques*. Brussels (Belgium): EC DG ENTR.

Wagner , V., & Rutherford, D. (2013). *Survey of Best Practices in Emission Control of In-Use Heavy-Duty Diesel Vehicles*. Washington: The International Council on Clean Transportation.