



**de los
Andes**

HUMANIZA-TECH

FORMAR PARA TRANSFORMAR

Instituto de la organización Equitel “Potenciamos el talento de las
personas para acelerar su crecimiento profesional”

Sistemas de postratamiento - conceptos y principios de operación.



**de los
Andes**

HUMANIZA-TECH

FORMAR PARA TRANSFORMAR



Agenda.

- Emisiones de motores diésel.
- Regulación de emisiones.
- Técnicas de control de emisiones.
- Sistema EGR.
- Sistema SCR.



Objetivos de aprendizaje.

Entender la importancia, la operación y las partes de los sistemas de postratamiento de motores Cummins, que han ingresado a Colombia, incluyendo:

- Cuales son los gases que se controlan en las emisiones de motores diésel.
- Cuales son las normas vigentes a nivel global para el control de emisiones.
- Como se ha desarrollado el control de emisiones a partir de la arquitectura de los motores.
- En qué se diferencian los sistemas de postratamiento en Colombia.



Introducción.

Teniendo en cuenta la contaminación que se produce al quemar combustibles fósiles, se ha venido realizando investigación tecnológica con la cual se pueda reducir esta contaminación. A partir de 2007 Cummins ha venido trabajando para reducir la emisión de hollín y material particulado, desde 2010 se han implementado nuevas tecnologías como SCR (Reducción Catalítica Selectiva) y DOC (Catalizador de Oxidación Diesel).

Cada uno de los sistemas tiene una manera de trabajar y componentes diferentes, con los cuales se apunta a tener motores mas limpios, por lo cual veremos como nos hemos ido adaptando a estas tecnologías.



Funciones

Las funciones del sistema de postratamiento son las siguientes:



Emisiones motores diesel.

- Como todos los motores de combustión interna los motores diesel, convierten la energía química contenida en un combustible, en energía mecánica para producir un trabajo.
- El combustible diesel es una mezcla de hidrocarburos los cuales teóricamente producen solo dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O) durante la combustión. De hecho los gases de escape de un motor diesel están compuesto principalmente de CO_2 , H_2O y una porción no utilizada de aire. Las concentraciones de estos gases en el escape varía dependiendo de la velocidad y carga del motor.
- En términos generales esta composición de gases está dentro de los siguientes rangos
 - CO_2 - 2 ... 12%
 - H_2O - 2 ... 12%
 - O_2 - 3 ... 17%
 - N_2 - balance.
- Ninguno de los principales productos de la combustión, con excepción del CO_2 , el cual contribuye al efecto invernadero, tiene efectos sobre la salud o el medio ambiente.



Emisiones motores diesel.

- Sin embargo las emisiones diesel incluyen también algunos poluentes los cuales causan son tóxicos para los humanos y pueden causar efectos negativos sobre el medio ambiente. Estos procesos incluyen combustión incompleta del combustible, reacciones entre diferentes componentes bajo altas temperaturas y presiones, combustión del aceite lubricante y aditivos del aceite, así como también la combustión de componentes no-hidrocarburos como el azufre o varios aditivos del combustible.



Regulación de emisiones.

- Algunos de los componentes de las emisiones son regulados en USA, Europa y Japón, al igual que en varios otros países o regiones. La regulación de emisiones incluyen diferentes compuestos:

- *Material Particulado* (PM) también se conoce como DPM (diesel particulate matter) o TPM (total particulate matter), regulado por la masa de partículas emitidas. El PM es una mezcla de hollín con otros componentes de material sólido y líquido.

- *Oxidos de Nitrogeno* (NO_x), una mezcla de óxido nítrico (NO) y (NO) y dióxido de Nitrogeno (NO₂).

- *Hydrocarburos* (HC) incluyendo los hidrocarburos totales (THC) o solo los hidrocarburos no-metánicos (NMHC). Monóxidos de Carbono(CO).

- En la Unión Europea a partir de Euro V se empezó a regular el número de partículas emitidas. El límite de número de partículas emitidas, tiene que cumplirse en adición al límite de material particulado másico.



Regulación de emisiones

Emisiones a regular.

NO_x	HC	CO	PM
<p>Collective term for gaseous emissions composed of nitrogen & oxygen (x represents changing proportion). Formed during high temperature combustion. Contributes to ambient ozone formation & regional haze causing health concerns. Also a precursor to ambient PM formation</p>	<p>Hydrocarbon gaseous emissions formed from unburned or partially burned fuel. Present at very low levels in diesels. Evaporated HC represent 'crankcase emissions'. Contributes to ambient ozone formation and a precursor to formation of ambient PM. Associated with volatile organic compounds (VOC).</p>	<p>Carbon Monoxide gaseous emission are produced by incomplete combustion CO is a health hazard but emitted at very low levels from diesels Use of aftertreatment to remove PM also reduces reduce 90% of CO.</p>	<p>Particulate Matter is a directly emitted complex mixture including nitrates, sulfates and solid carbon fraction (soot) by-products of combustion. Lower temperature or incomplete combustion increases PM Contributes to ambient PM formation causing health concerns. PM_{2.5} size particles are regulated.</p>

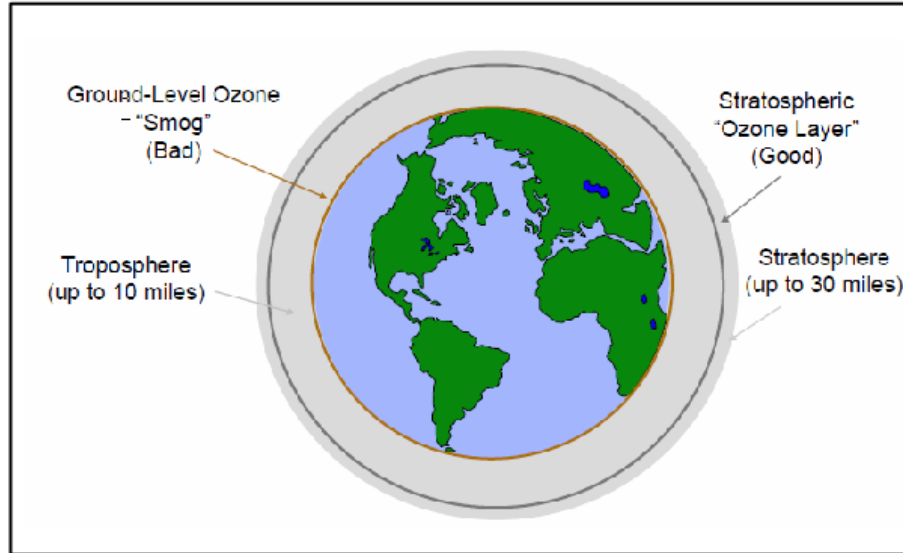


Regulación de emisiones

Ozone (O₃)

El Ozono no es un producto de la combustión y aunque en la parte más alta de la atmósfera es beneficiosa ya que nos protegé de la radiación UV del sol, es altamente perjudicial en la parte baja de la atmósfera.

- Es el mayor componente del Smog, que hoy día representa uno de los mayores problemas en la calidad del aire de las grandes ciudades.
- Altamente irritante, responsable por la carraspera en la garganta, la tos y la irritación en los ojos.
- Daña la capa que cubre los pulmones y agrava los problemas respiratorios e incrementa la susceptibilidad a las infecciones respiratorias.
- Eleva los niveles de inhibición de crecimiento de las plantas, llegando a afectar grandes extensiones de tierra.



Regulación de emisiones

**Combustión del combustible hidrocarburo
reacciona creando CO**

El CO generalmente se forma en la etapas intermedias de la combustión de los combustible de hidrocarburo.

Bajas temperaturas, tiempos cortos de residencia o relaciones de aire combustible muy altas durante la combustión pueden resultar en una combustión incompleta y emisión de CO. Por esta razón los motores diesel tienen muy bajas emisiones de CO comparado con otros motores de combustión interna.

Regulación de emisiones

Combustión del combustible hidrocarburo reacciona creando humo blanco y negro

- Humo blanco está hecho de partículas líquidas esencialmente sin color (hidrocarburos no quemados y vapor de agua) los cuales reflejan o refractan la luz. El humo blanco es un problema bajo condiciones de baja temperatura y bajas cargas.
- Las partículas de carbón que se liberan en el proceso de la combustión bloquean el paso de luz a través de los gases de escape y son responsables del humo negro. Humo negro es típicamente emitida durante las aceleraciones y las altas cargas



Regulación de emisiones

Combustión del combustible hidrocarburo reacciona creando material particulado (PM)

- Material particulado es el nombre colectivo para sustancias depositadas en un filtro como resultado de hacer pasar los gases de escape a través de estos.
- Los principales componentes son partículas de carbón, hidrocarburos pesados del combustible y el aceite de motor, sulfatos, nitratos y cenizas.
- Puede ser natural (polvo o polen) o hecha por el hombre (productos de la combustión).
- Las partículas finas pueden penetrar profundamente los pulmones y residir allí por largos períodos potencialmente causando daños.
- Las partículas agravan las condiciones respiratorias (asma, bronquitis) reduce la función del pulmón e incrementa la posibilidad de infecciones y causa cambios estructurales del pulmón.
- EPA estima que el 15% del total de PM en los USA son liberadas por los motores a diesel

Regulación de emisiones

Diesel

Cx Hy Sz

El combustible Diesel es visto como una parte básica para la reducción de emisiones – debido a la directa relación que tiene su porcentaje de azufre por cada unidad de masa para producir PM en la combustión.

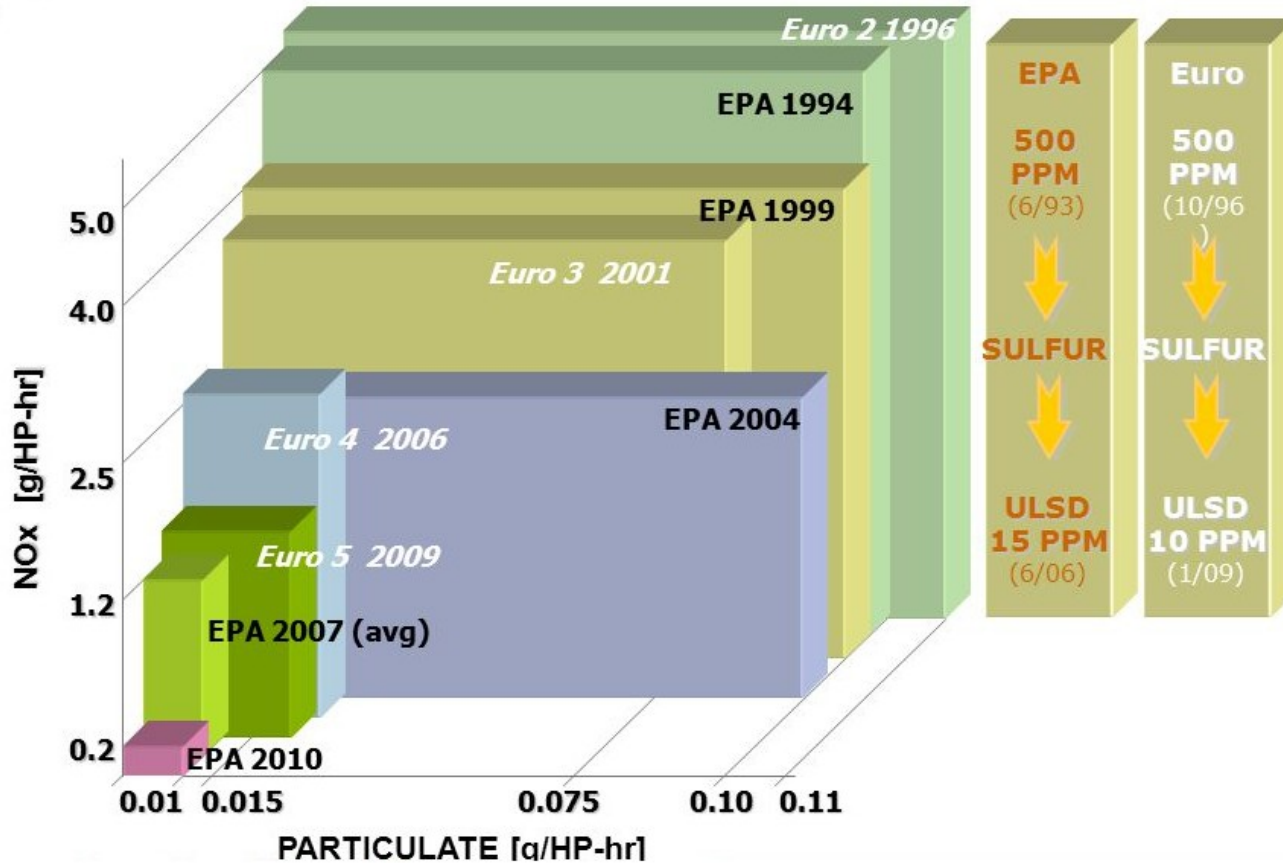
La EPA requerirá para los motores en aplicaciones industriales reducir el contenido de azufre máximo a 500-ppm (partes por millón) comenzando Octubre, 2007.

En el 2010, deberá ser reducido a 15-ppm, clasificándolo como Ultra Low Sulfur Diesel (ULSD), Diesel Ultra Bajo en Contenido de Azufre. Canadá sigue también estos lineamientos.



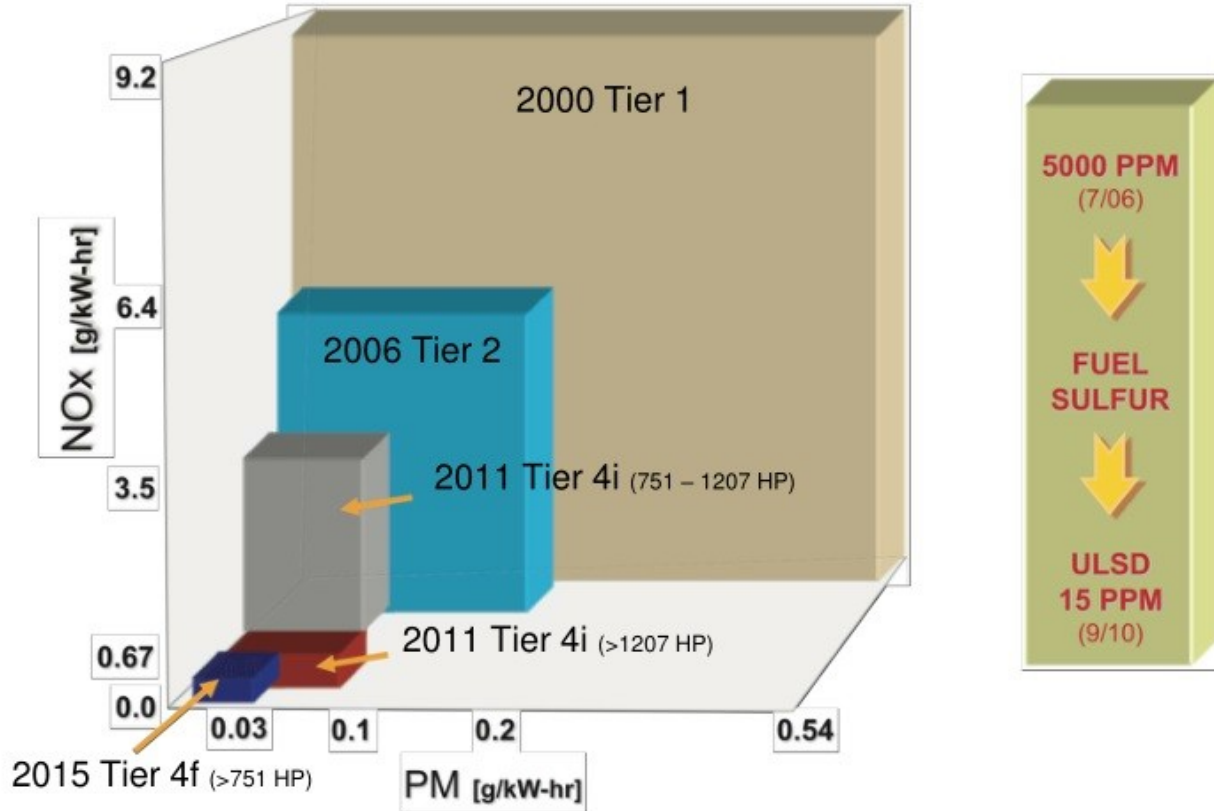
Regulación de emisiones

Evolution of On-Highway Standards EPA & Euro



Regulación de emisiones

Regulaciones fuera de carretera



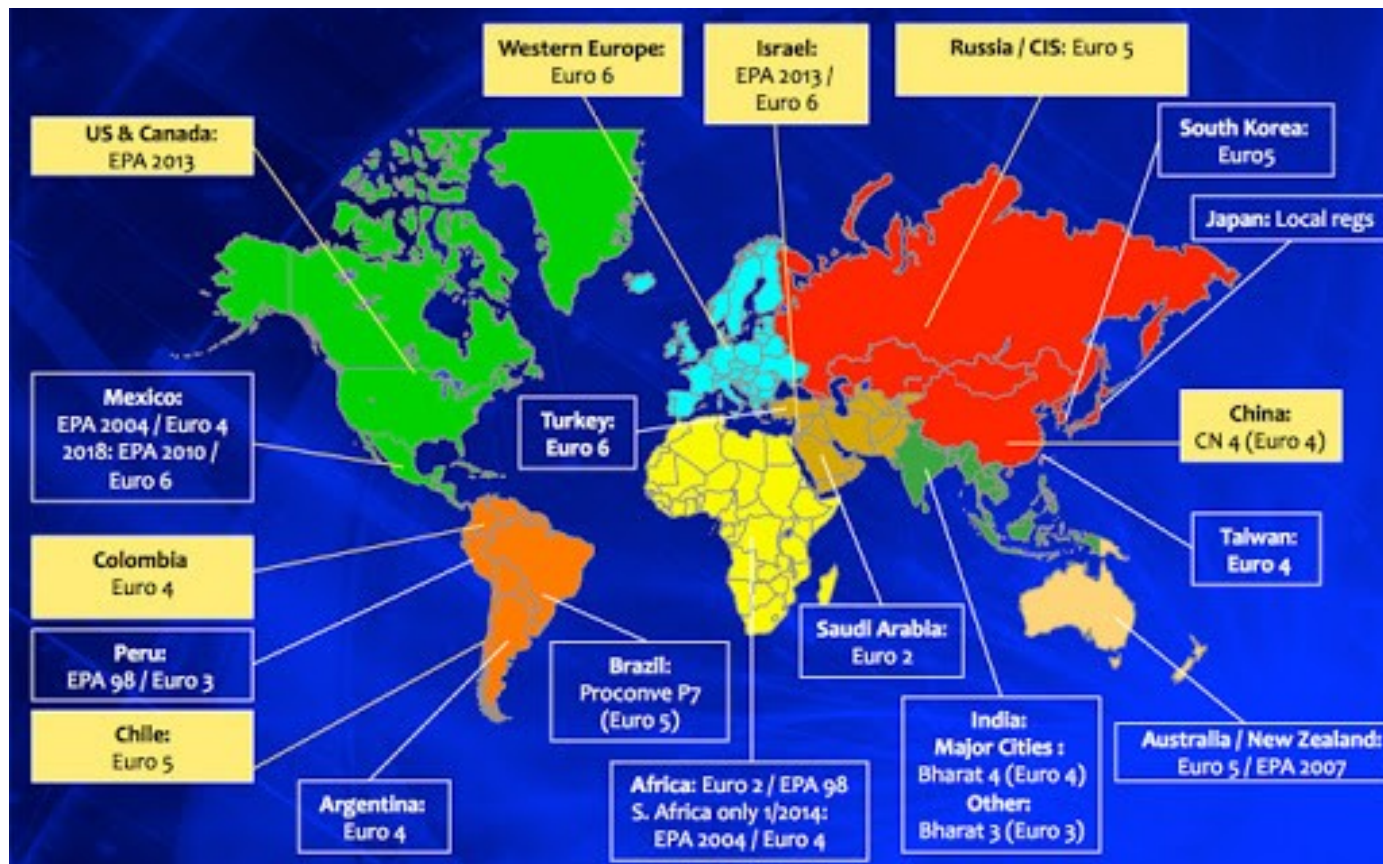
Regulación de emisiones

Cummins PEM

- Cummins apoya los esfuerzos globales en mejorar la calidad del aire además de cumplir con su faceta de consejero para EPA y para diferentes agencias gubernamentales alrededor del mundo.
- Product Environmental Management (PEM). Es el equipo técnico que trabaja en asegurar la factibilidad de cumplir con las normas establecidas a un costo competitivo.
- PEM se mantiene estrechamente trabajando con la industria y OEM's estableciendo un mismo enfoque sobre la regulación de emisiones.



Regulación de emisiones



Regulación de emisiones

Evolución en Colombia



NT 855 BC IV

SIN CONTROL DE EMISIONES



N14 C -C+
NORMA EPA TS-86



ISX CM570
NORMA EPA 98



ISX15 CM2250 SN
NORMA EPA13 - E IV



X15 CM2350
NORMA EPA17 - E VI



X15 E IV & V
SCR



Regulación de emisiones

Global Emissions Standards

REGION		DRIVE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
USA/CANADA		LHD	EPA 07		EPA 2010								
EUROPE	LD	BOTH	EURO 4		EURO 5			EURO 6					
	HD	BOTH	EURO IV		EURO V			EURO VI					
AUSTRALIA		RHD	EURO IV / EPA 04			EURO V / EPA 07							
NEW ZEALAND		RHD	EURO III	EURO IV / EPA 04			EPA 07 / EURO V (proposal)						
MEXICO		LHD	EURO III EPA 98 04 / EURO IV		EPA 07 / EURO V								
MERCOSUL	BRASIL	LHD	PROCONVE P5					PROCONVE P7					
	ARGENTINA	LHD	EURO III		EURO IV			EURO V (NEW T/A JAN. 1, '12; TIL TBD)					
	PARAGUAY/URUGUAY	LHD	EURO III					EURO V?					
LATIN AMERICA	CHILE (BUSES)	LHD	EURO III / EPA 98 (+DPF FROM 09/09) TRANSANTIAGO				EURO IV / EPA 07 (+DPF FROM 09/12) TRANSANTIAGO						
	CHILE (TRUCKS)	LHD	EURO III / EPA 98 (+DPF FROM /9/10)				EURO IV / EPA 07 (+DPF FROM 09/12)						
	COLOMBIA (BUS)	LHD	EURO II / EPA 98 35% OPACITY		EURO IV			EURO V / EPA 07		TBD			
	COLOMBIA (TRUCKS)	LHD	EURO II / EPA 98, 35% OPACITY		EURO II / EPA 98, 28% OPACITY				TBD				
	VENEZUELA	LHD	EURO II / EPA 98					TBD					
	PERU	LHD	EURO II / EPA 98			EURO III?			EURO IV?				
	EUADOR	LHD	EPA 98 + 50% OPACITY								TBD		
INDIA	SELECTED CITIES (NCR)	RHD	EURO III (BS III)				EURO IV (BS IV)						
	NATIONWIDE	RHD	EURO II (BS II)				EURO III (BS III)						
CHINA	BEIJING	LHD	EURO III		EURO IV			EURO V		EURO VI			
	HONG KONG	LHD	EURO IV / EPA 04				EURO V (PROPOSAL)						
	NATIONWIDE	LHD	EURO II		EURO III			EURO IV		EURO V			



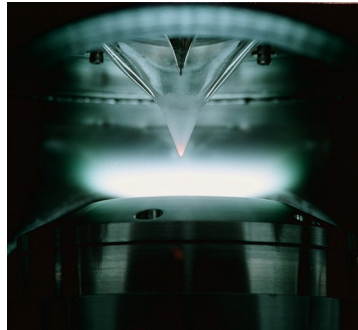
Regulación de emisiones

Mejorando la eficiencia de la combustión y el control de emisiones, se logra un medio ambiente mas seguro y saludable.

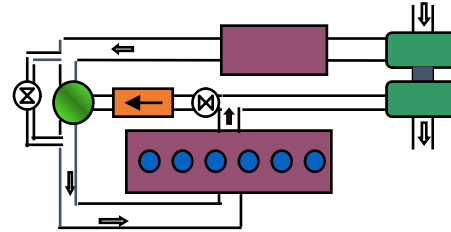
Diseños modificados de pistones



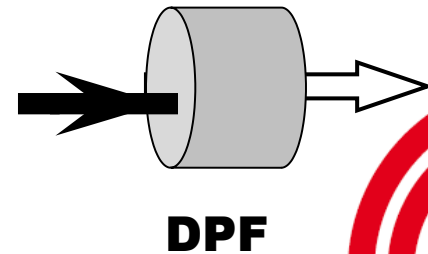
Control de combustión modificado



Recirculación de gases de escape



Postratamiento en el escape



Técnicas de control de emisiones

Técnicas relacionadas al control de emisiones han sido desarrolladas desde 1988. Algunos de estos métodos son utilizados para control de NOx, otros para el control de PM y otros para recuperar la economía de combustible perdida debida al control de emisiones. Los más importantes son:

- Modificaciones al sistema de inyección
 - Tiempo de inyección
 - Incremento en las presiones de inyección
 - Control electrónico de la inyección
 - Diseño de las toberas de inyector (orificios más pequeños, bajo volumen residente, toberas convergentes).

- Mejoras al sistema de admisión de aire
 - Enfriamiento del aire de admisión (inter- and aftercoolers)
 - Adelantos en la tecnología de los turbocargadores (desempeño mejorado, turbocargadores de geometría variable, turbos de doble etapa).
 - Nuevos múltiples de admisión
 - El factor de turbulencia más ajustado a las características del sistema de inyección.



Técnicas de control de emisiones

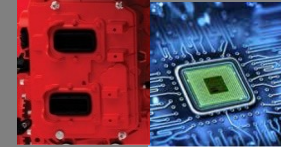
Tecnología Integrada

Integración con tren de potencia



Tecnologías en Turbo cargadores

Connected Diagnostics



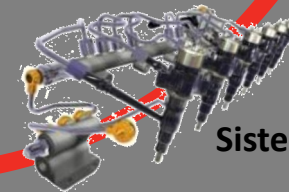
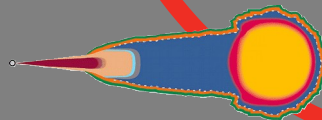
Soporte y control electrónico

Soluciones en emisiones Cummins



Filtración Cummins

Tecnología de Combustión



Sistemas de combustible Cummins

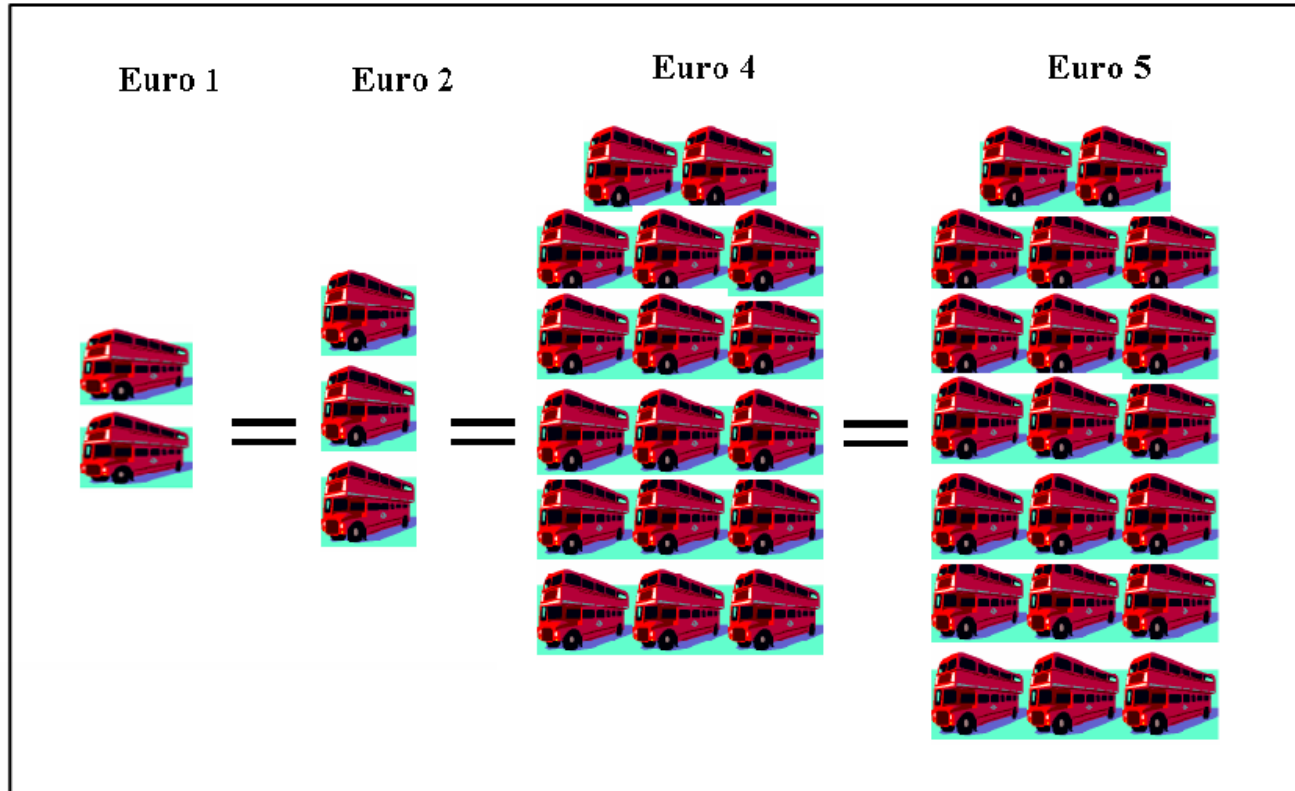
Técnicas de control de emisiones

- Mejoras en las cámaras de combustión
 - Tazón re-entrante
 - Anillos de compresión más cercanos
 - Mejor utilización del aire (inyección central, cuatro válvulas)
 - Radio de compresión más bajo.
- Válvula de actuación variable (Ciclo Miller).
- Recirculación de gases de escape.
- Bajas temperaturas de combustión.
- Control electrónico del motor.
- Sistema de post-tratamiento (a partir del 2000).



Técnicas de control de emisiones

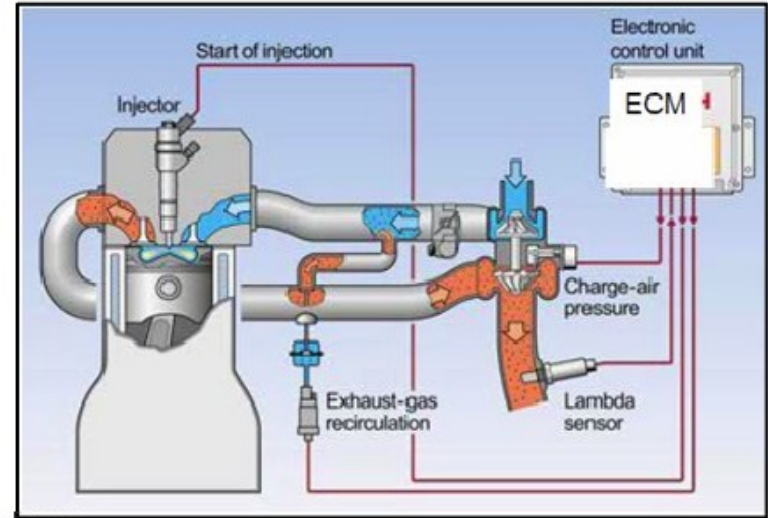
Emisiones equivalentes.



Sistema EGR

La recirculación de gases de escape es una técnica efectiva para la reducción de NOx, muchos de los fabricantes norteamericanos han utilizado EGR con enfriamiento para cumplir con las emisiones EPA04 y EPA07 y continua siendo muy importante para atender EPA2010.

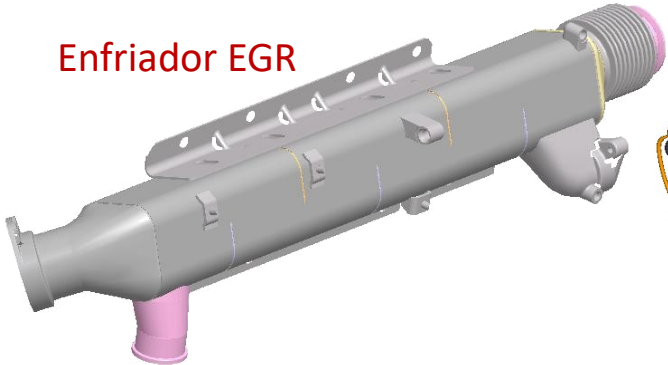
Para los fabricantes europeos es una de las técnicas para cumplir con los requerimientos de NOx de Euro IV y V, el uso de post-tratamientos de Urea-SCR es la otra técnica usualmente utilizada para cumplir estos límites de Euro.



- La mezcla de gases de escape y aire de admisión reduce la temperatura de combustión en la cámara
- Se disminuye el oxígeno y se incrementa el calor específico bajando la temperatura pico de combustión.
- El NOx se forma principalmente cuando la mezcla de nitrógeno y oxígeno está sometida a altas temperaturas.
- El EGR limita la generación de Nox.

Sistema EGR

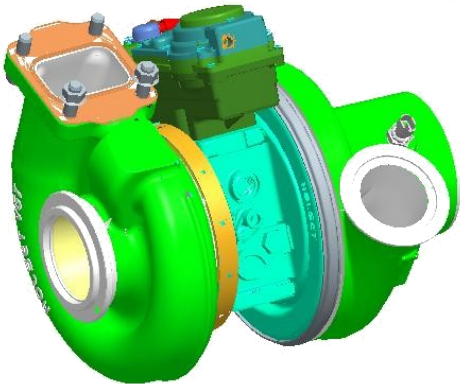
Enfriador EGR



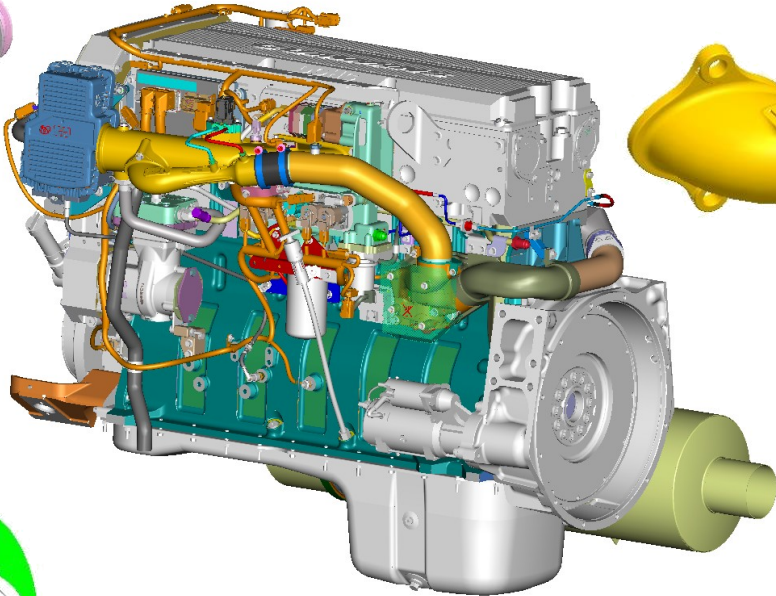
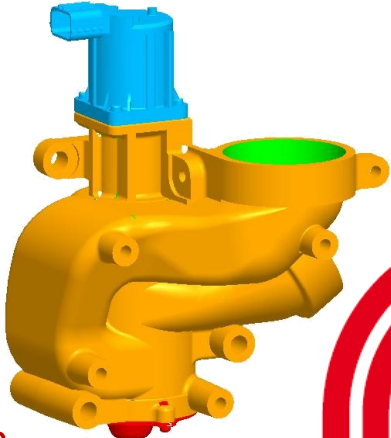
Medidor de flujo EGR



VGT



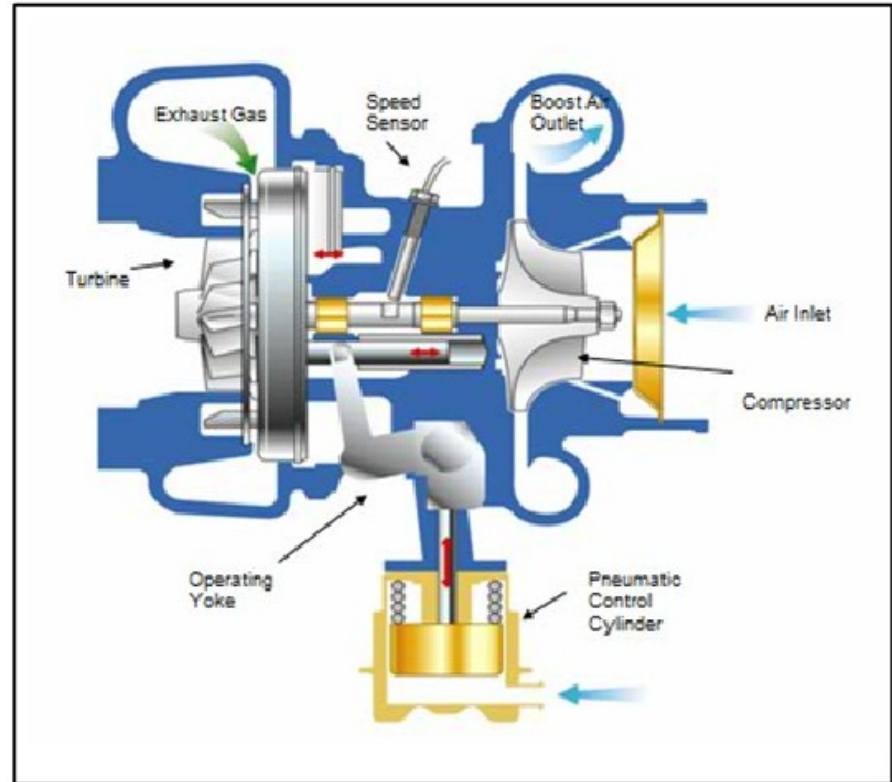
Válvula EGR



Sistema EGR

Turbocargador Geometria variable.

- Debido al flujo no lineal vs las características de presión, un turbo de geometría fija no puede brindar las características de flujo de aire a bajas velocidades. Esta incapacidad para proveer suficiente flujo de aire resulta en torque reducido, respuesta a la aceleración y emisión de humo. Este problema es tradicionalmente resuelto seleccionando un turbo que corresponda con velocidad media de motor (por ejemplo utilizando una turbina más pequeña y aceptando un castigo por tener mayor presión de turbo a altas velocidades de motor, o instalando un wastegate para reducir el poder la trubina a altas revoluciones y esto por lo general es menos que lo deseado.



Sistema EGR

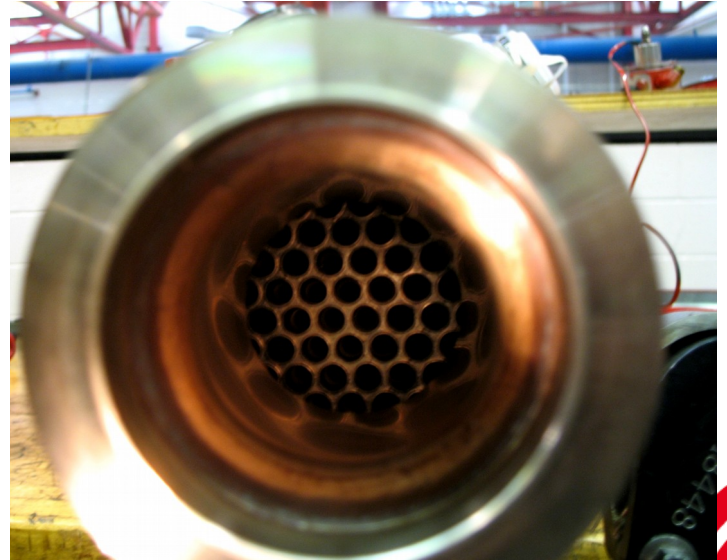
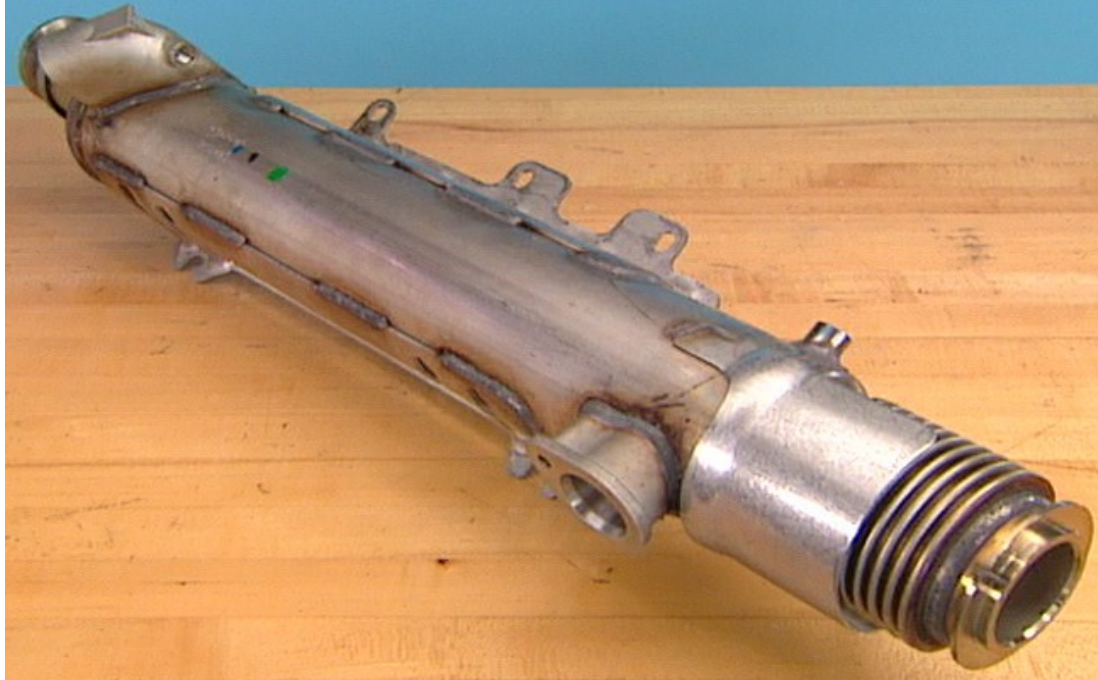
Turbocargador de geometría variable.

- Para superar estas limitaciones inherentes al turbocargador de geometría fija, muy diversos conceptos de turbocargadores de geometría variable han sido desarrollados. En la mayoría de ellos hay una boquilla movable, Esta boquilla movable permite incrementar o reducir el área de flujo de acuerdo a las necesidades. TGV pueden ser utilizados para reducir emisiones, notables emisiones de humo durante las condiciones transitorias, y de responder de acuerdo a diferentes parámetros del motor, tales como torque a bajas velocidades, sin comprometer el consumo de combustible a altas velocidades.



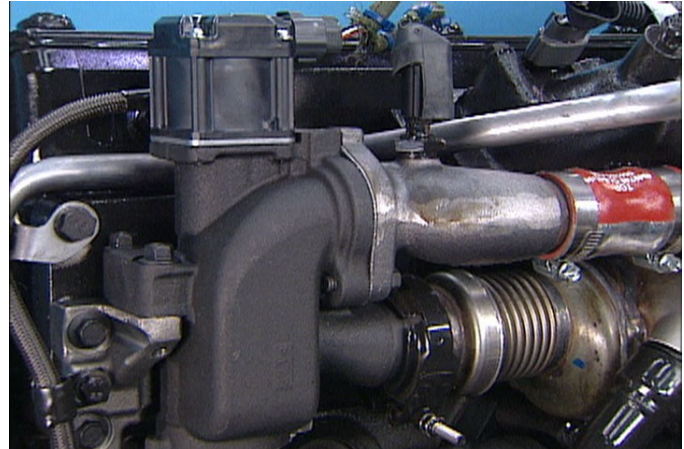
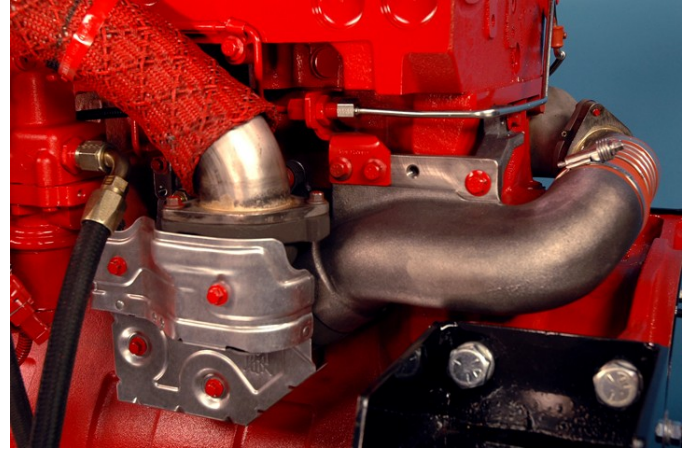
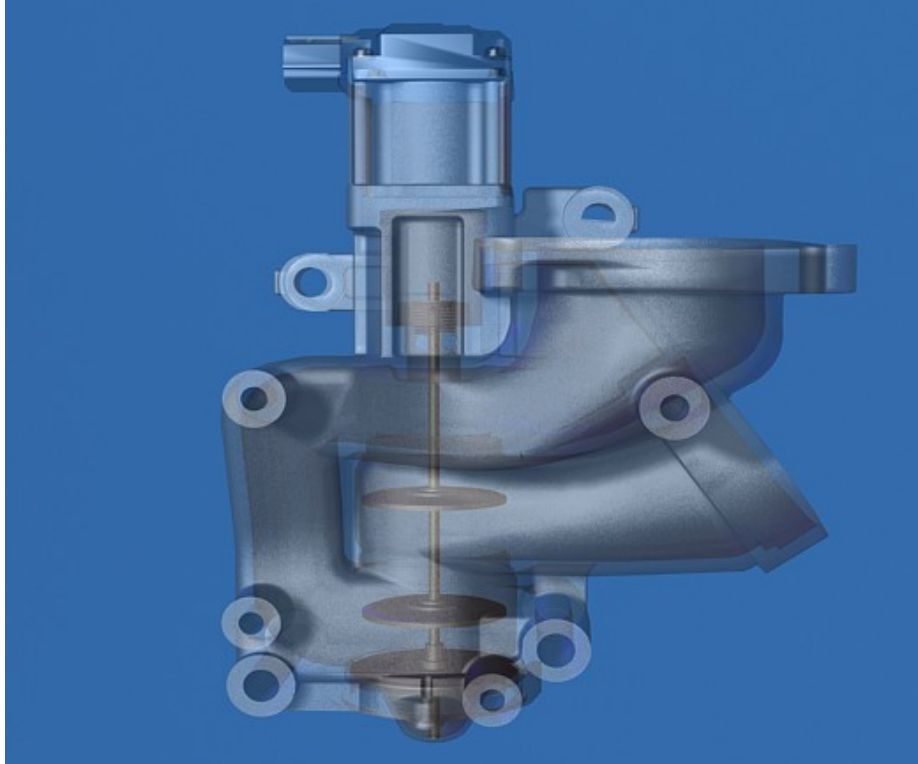
Sistema EGR

Enfriador EGR



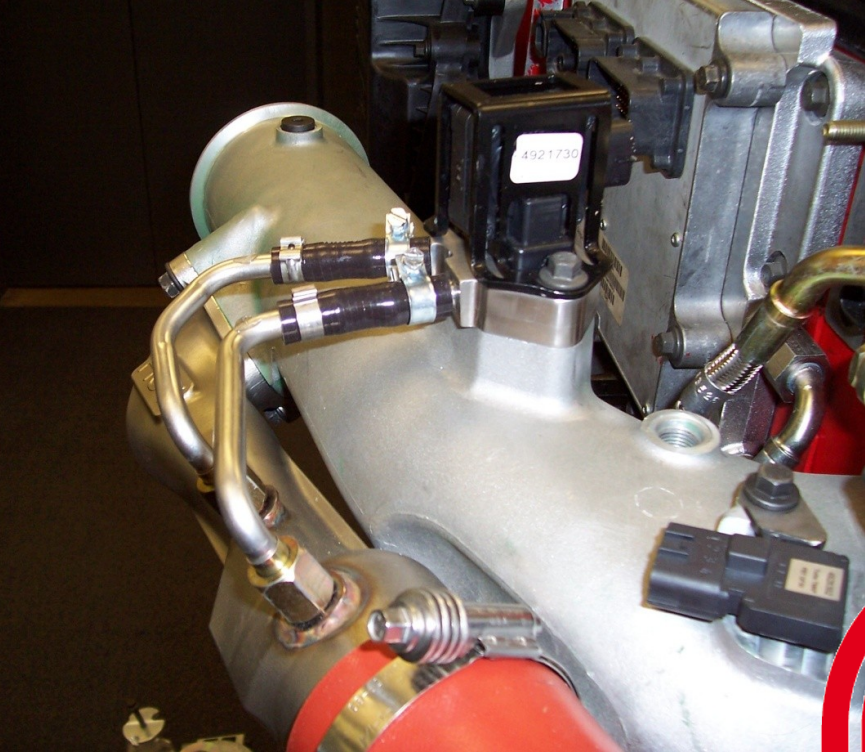
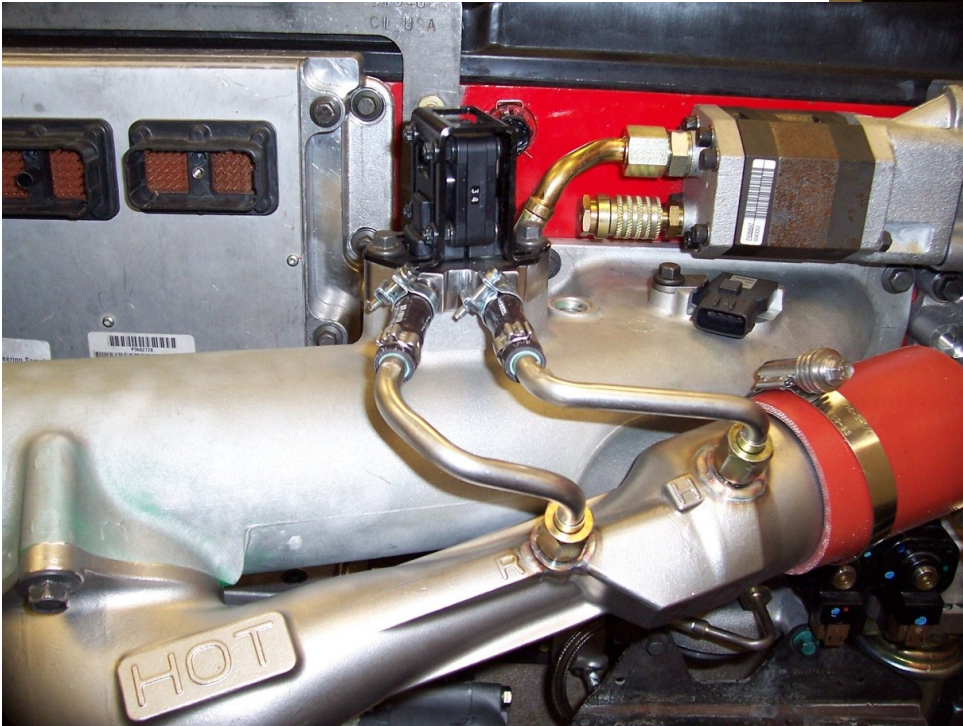
Sistema EGR

Válvula EGR

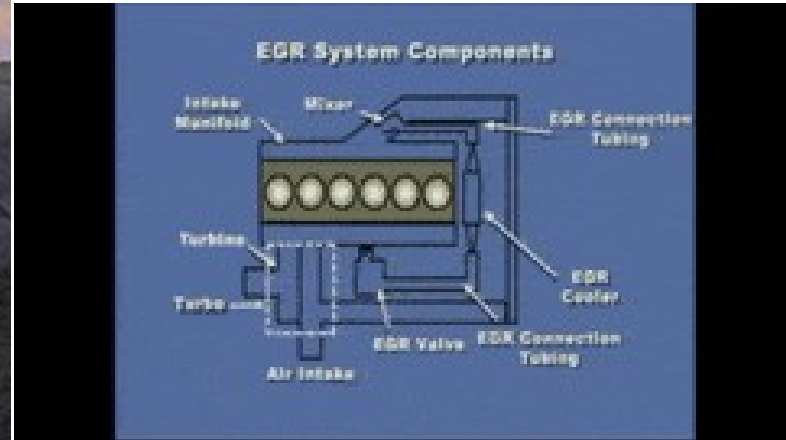


Sistema EGR

Sensores EGR

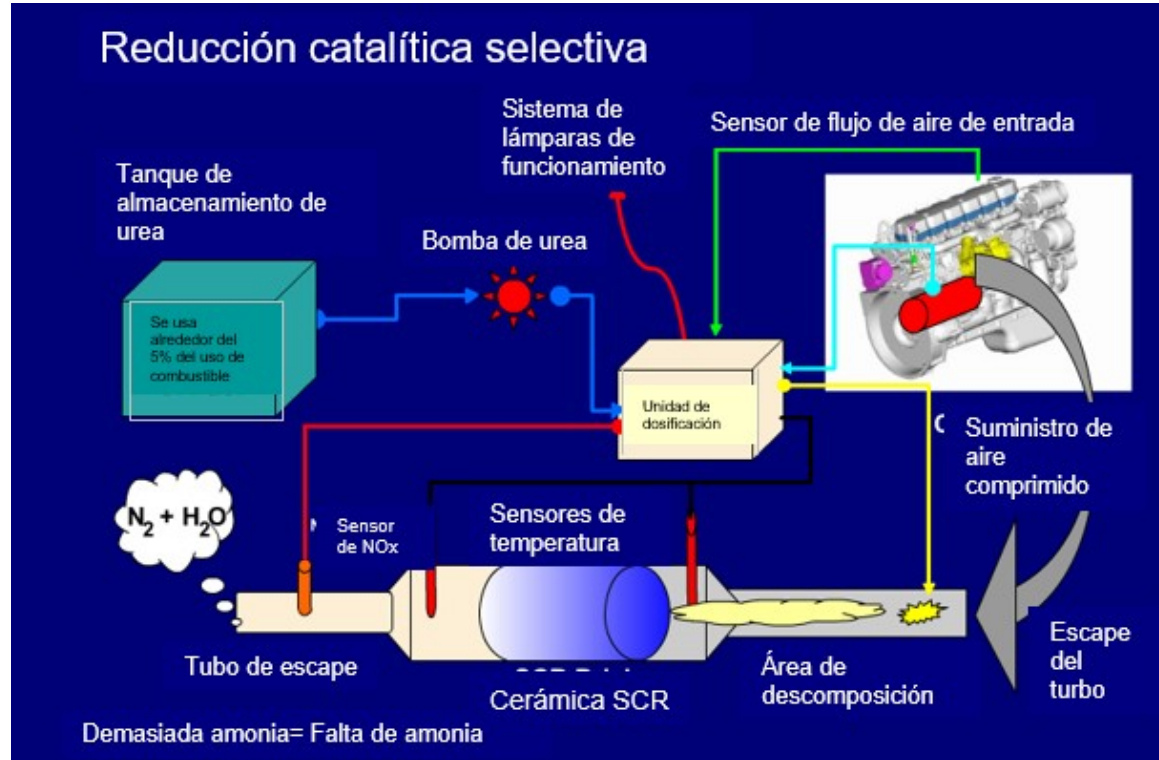


Sistema EGR



Sistema SCR

La Reducción Catalítica Selectiva es el método de postratamiento del escape escogido por Cummins, para cumplir con los objetivos de emisiones para vehículos en carretera, para mercados específicos.



Sistema SCR

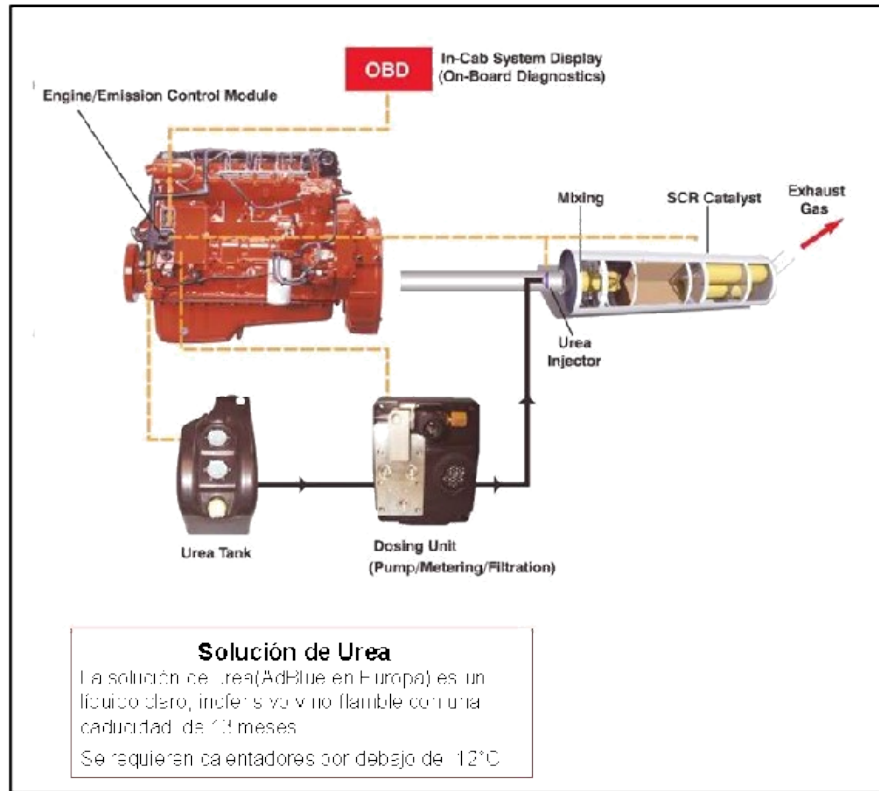
Postratamiento – SCR Selective Catalyst Reduction.

Selección Reductiva Catalítica.

La solución de urea es inyectada en la parte frontal del catalizador. Esto convierte la amoníaco en vapor arriba de los 200°C.

La amoníaco reacciones con el óxido de nitrógeno(NOx) dentro del catalizador liberando nitrógeno y agua.

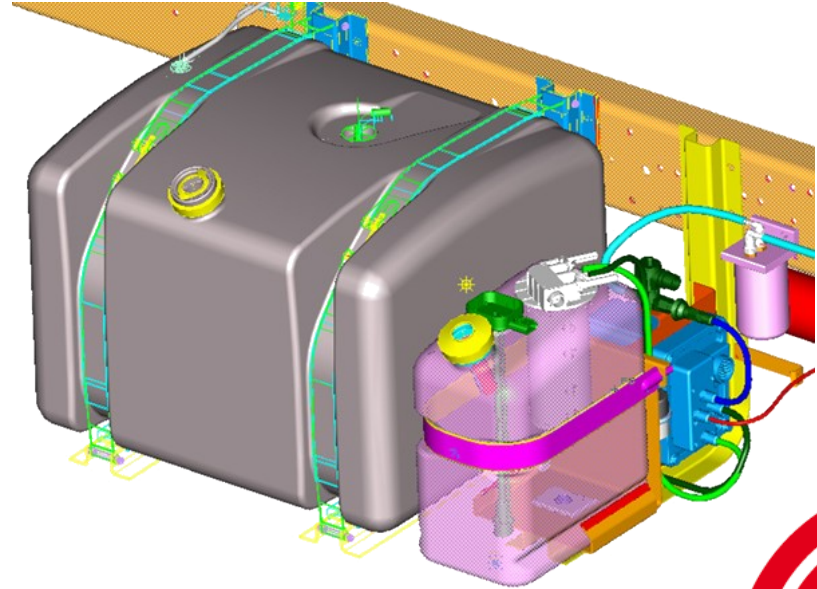
El porcentaje de uso de la urea es del 3 al 5% apróx. en relación con el consumo de combustible dependiendo del ciclo de trabajo. Los tanques de urea varían de tamaño, sin embargo es importante rellenarlo para cumplir con las emisiones.



Sistema SCR

Componentes

- El sistema SCR está constituido por muchos componentes, incluyendo:
 - El Tanque de urea
 - Unidad de Control de Dosificación
 - ECM
 - Filtro de la Urea
 - Filtro de Aire En Línea
 - Sensor de Nivel/Temperatura de la Solución de Urea
 - Sensores de Temperatura del Gas de Escape
 - Elemento Catalizador del Escape
 - Boquilla de Inyección de Urea.



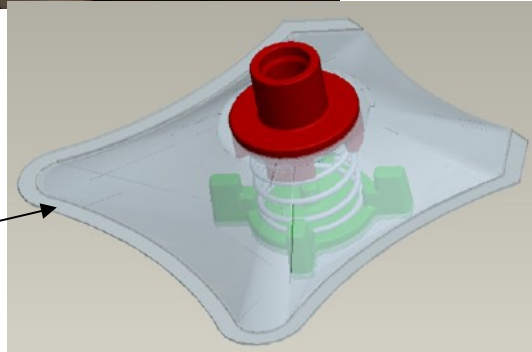
Sistema SCR



Tanque de urea

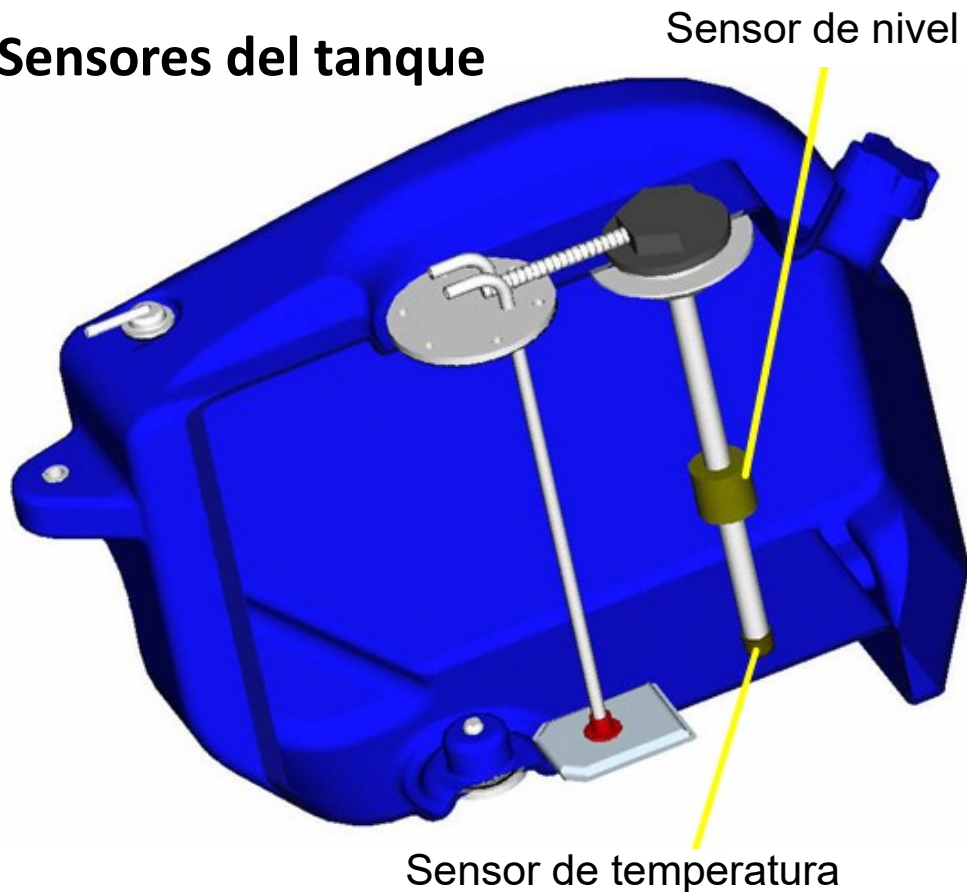
- El tanque es el contenedor que almacena la urea antes de la inyección en el sistema de escape.
- El tanque típico de la solución de urea incluirá un filtro dentro del tanque.

Filtro de urea



Sistema SCR

Sensores del tanque



- El Sensor de Nivel/Temperatura de la Solución de Urea, es un sensor de combinación. La función de nivel de este sensor puede excitar a una lámpara de advertencia de nivel bajo o muy bajo del tanque, o usarse para diagnósticos del sistema. Las funciones de temperatura de este sensor, permiten que el ECM monitoree la temperatura de la solución de urea y que energice a la bomba de urea y a otros calentadores del sistema SCR instalados por el OEM, según se requiera.

Sistema SCR

Unidad dosificadora

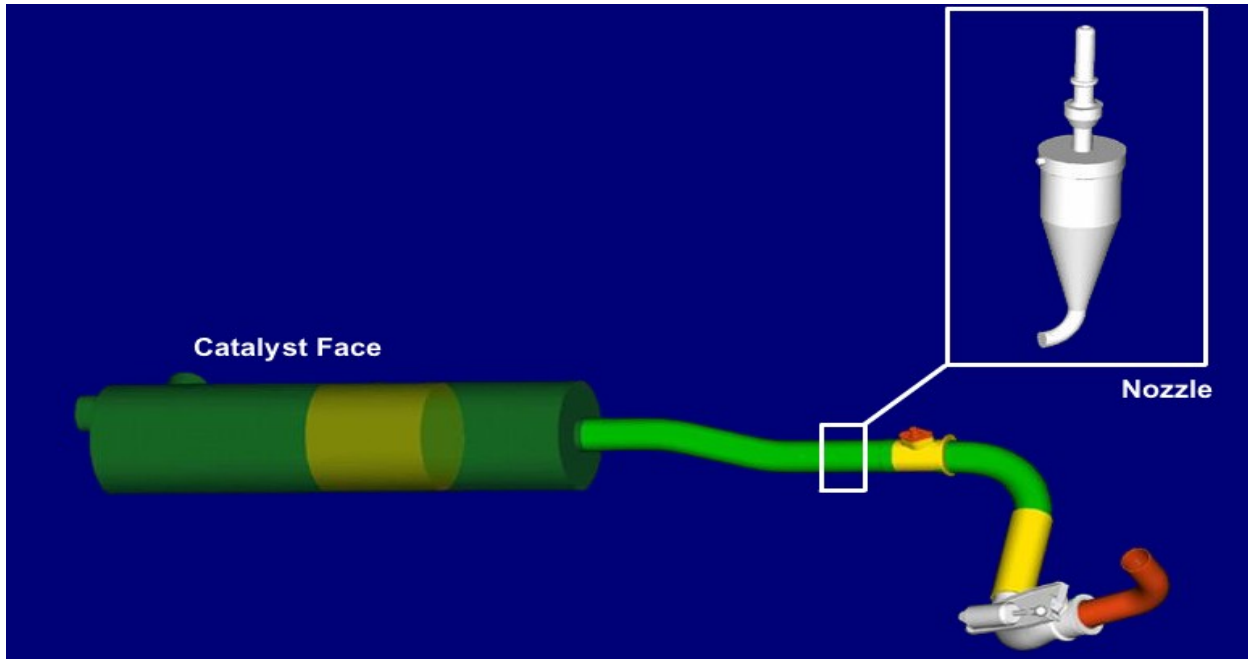
- La unidad de control de dosificación bombea y dosifica exactamente el volumen de urea inyectada en el flujo de escape.



Sistema SCR

Inyector de DEF

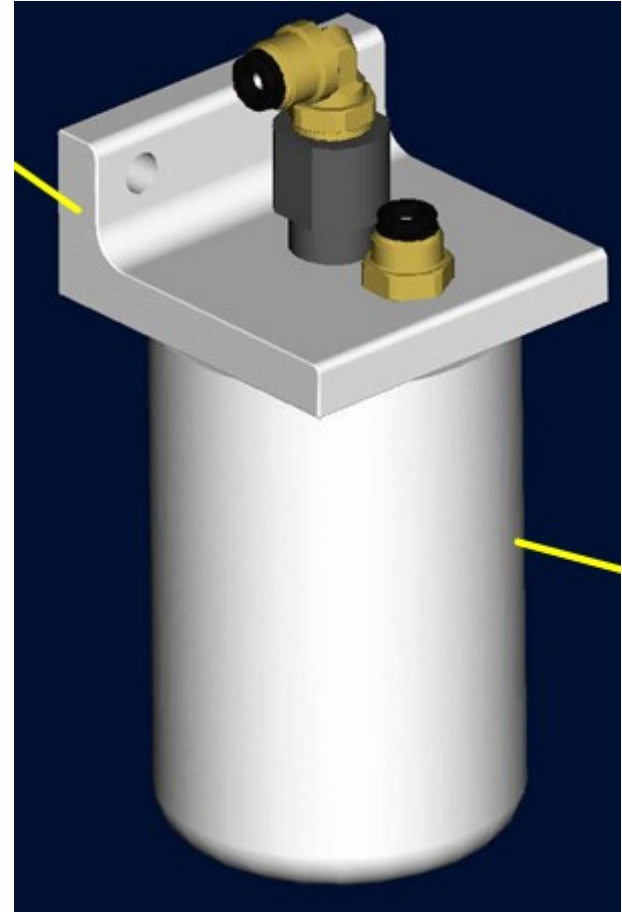
- La boquilla de inyección de urea está fabricada de acero inoxidable, con aislamiento cerámico y cuatro orificios de aspersión taladrados en ángulo.



Sistema SCR

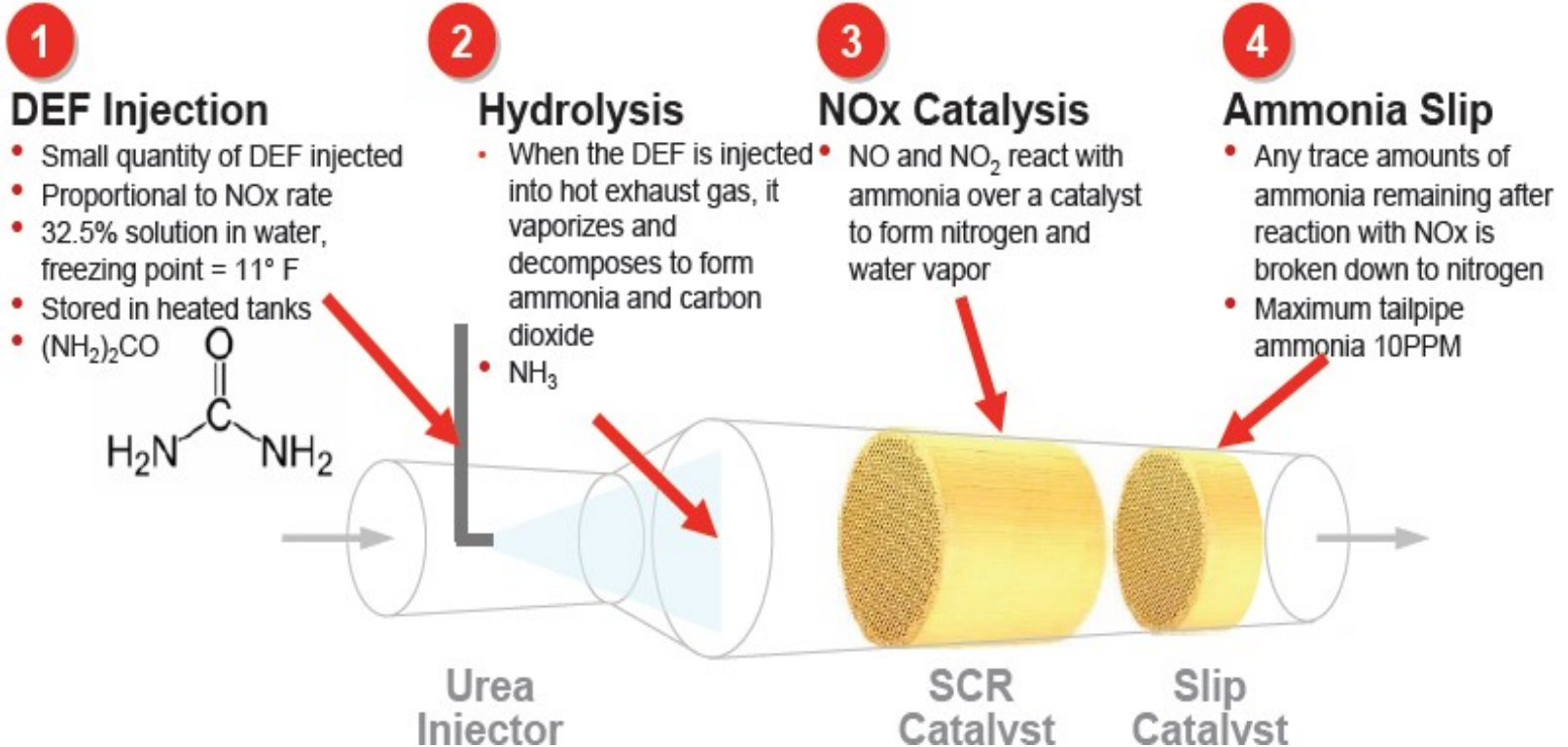
Filtro de aire

- El filtro de aire en línea se requiere para impedir daño o contaminación de los componentes neumáticos de los sistemas SCR.



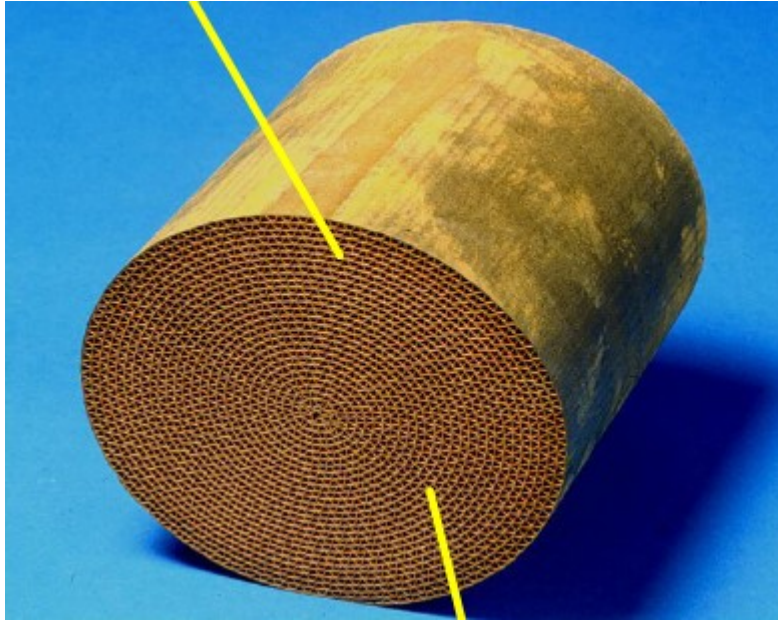
Sistema SCR

Catalizador y reacciones químicas



Sistema SCR

Papel de fibra de vidrio- baja contrapresión



Diversos tamaños y formas

Briqueta

- El elemento catalizador del escape es a menudo referido como una briqueta. El elemento está construido de papel de fibra de vidrio y puede estar enrollado en diversos tamaños y formas, dependiendo de la aplicación.

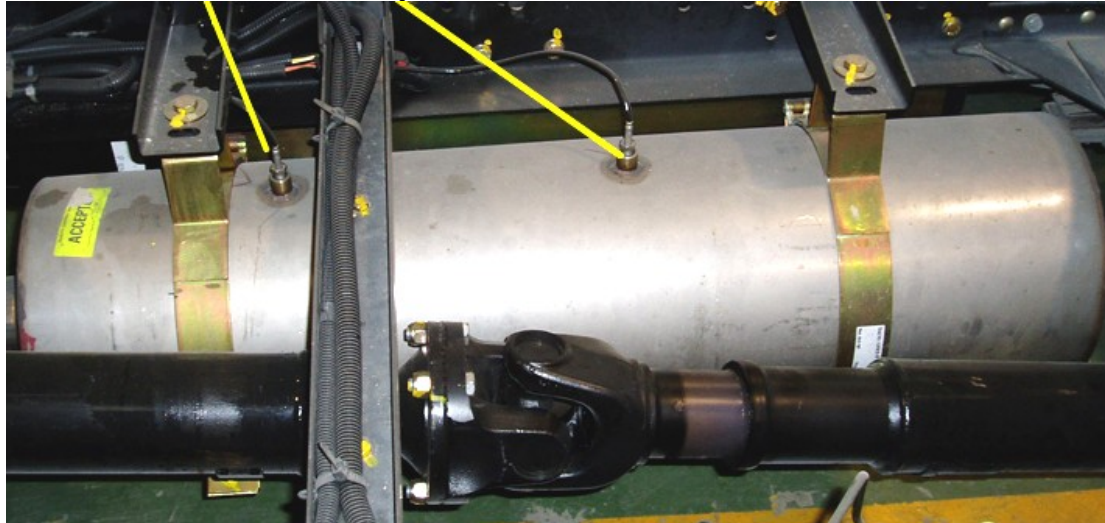


Sistema SCR

Sensores de temperatura del catalizador

- Dos sensores de temperatura del gas de escape se encuentran con un sistema SCR típico. El primer sensor mide la temperatura de los gases de escape en la entrada al elemento catalizador del escape, y el segundo sensor mide la temperatura del gas de escape después del elemento catalizador del escape.

Sensores de temperatura



Sistema SCR

DEF (Fluido de Escape Diésel)



- El DEF es reactivo necesario para la funcionalidad del Sistema SCR y es una solución acuosa de urea, mezcla de 32,5% de urea técnicamente pura y 67,5 % de agua desionizada.
- La urea es un compuesto de Nitrógeno que se transforma en Amoníaco cuando se calienta. Es usada en una amplia variedad de industrias, incluso como fertilizante en el área agrícola.
- Cummins Filtration no recomienda a los clientes fabricar el DEF por cuenta propia, ya que cuenta con requisitos estrictos para mantener la pureza y concentración de sus ingredientes.
- Una solución al 32,5% de DEF empezará a cristalizarse y congelarse a los 12 grados F. (-11 grados C.).



Sistema SCR

Lámparas de señalización










- Es importante recordar cuando se diagnostica un motor ISB Euro IV ó el sistema SCR, que cada OEM puede escoger un arreglo de lámparas de señalización diferente.
- Consulte la literatura de servicio del OEM por información de operación de las lámparas.



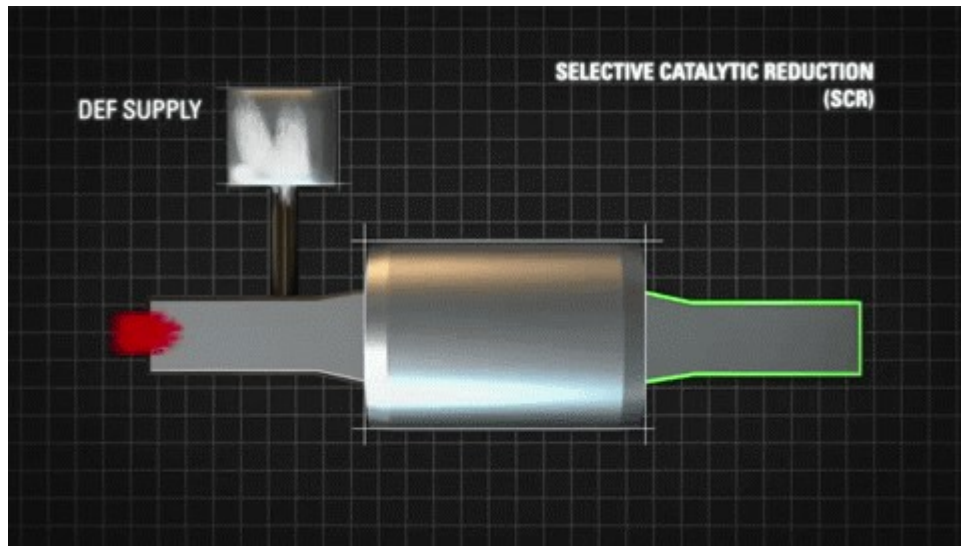
Sistema SCR

Guía de identificación de testigos

Luz	Descripción	Acción del conductor
	<p>Luz revisar el motor Se enciende para advertir al conductor que dé servicio al motor pronto.</p> <p>Luz revisar el motor intermitente Se enciende durante 30 segundos al colocar la llave en ON (encendido) si ya se ha vencido el tiempo para realizar el mantenimiento.</p>	Debe dar servicio cuanto antes. Puede seguir operando el vehículo hasta el final del cambio.
	<p>Luz Indicadora de mal funcionamiento (MIL) Se enciende para advertir al conductor que programe un servicio pronto al motor. Puede encenderse junto con otras luces.</p>	
	<p>Luz roja apagar el motor Indica que debe detener el motor tan pronto como sea seguro hacerlo.</p> <p>Luz roja apagar el motor intermitente Indica que el conductor tiene 30 segundos para detener el vehículo de manera segura antes de que el motor se apague automáticamente (si la función de apagado para proteger el motor está activada).</p>	No debe operar el vehículo. Programe el servicio de inmediato.
	<p>Luz de temperatura alta del sistema de escape (HEST) Indica que puede haber temperaturas altas en el sistema de escape debido a una regeneración del postratamiento.</p>	Asegúrese de que la salida del tubo de escape no esté dirigida a ninguna superficie ni material combustible. Si detecta mal olor excesivo o vapor blanco, revise si el sistema de escape tiene fugas.
	<p>Luz del filtro de partículas diesel (DPF) del postratamiento Indica que el filtro de partículas de diesel (DPF) del postratamiento requiere regeneración.</p> <p>Luz del DPF del postratamiento intermitente El DPF del postratamiento requiere regeneración. Es posible que la potencia del motor se reduzca automáticamente.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Asegúrese de que el interruptor del DPF no esté en la posición Inhibit (Inhibir).2. Cuando antes, lleve el vehículo a velocidad de autopista por lo menos durante 20 minutos.3. Si el paso anterior no es posible o si las luces siguen encendidas, realice una regeneración con el vehículo estacionado.
	<p>Luces intermitentes del DPF del postratamiento y revisar el motor El DPF del postratamiento requiere regeneración inmediata. La potencia del motor se reducirá aún más automáticamente.</p>	Nota: Una luz HEST encendida indica que se está realizando la regeneración.
	<p>Luz roja apagar el motor y luz del DPF del postratamiento La regeneración del DPF del postratamiento no se completó con éxito oportunamente.</p>	No debe operar el vehículo. Programe el servicio de inmediato.



Sistema SCR



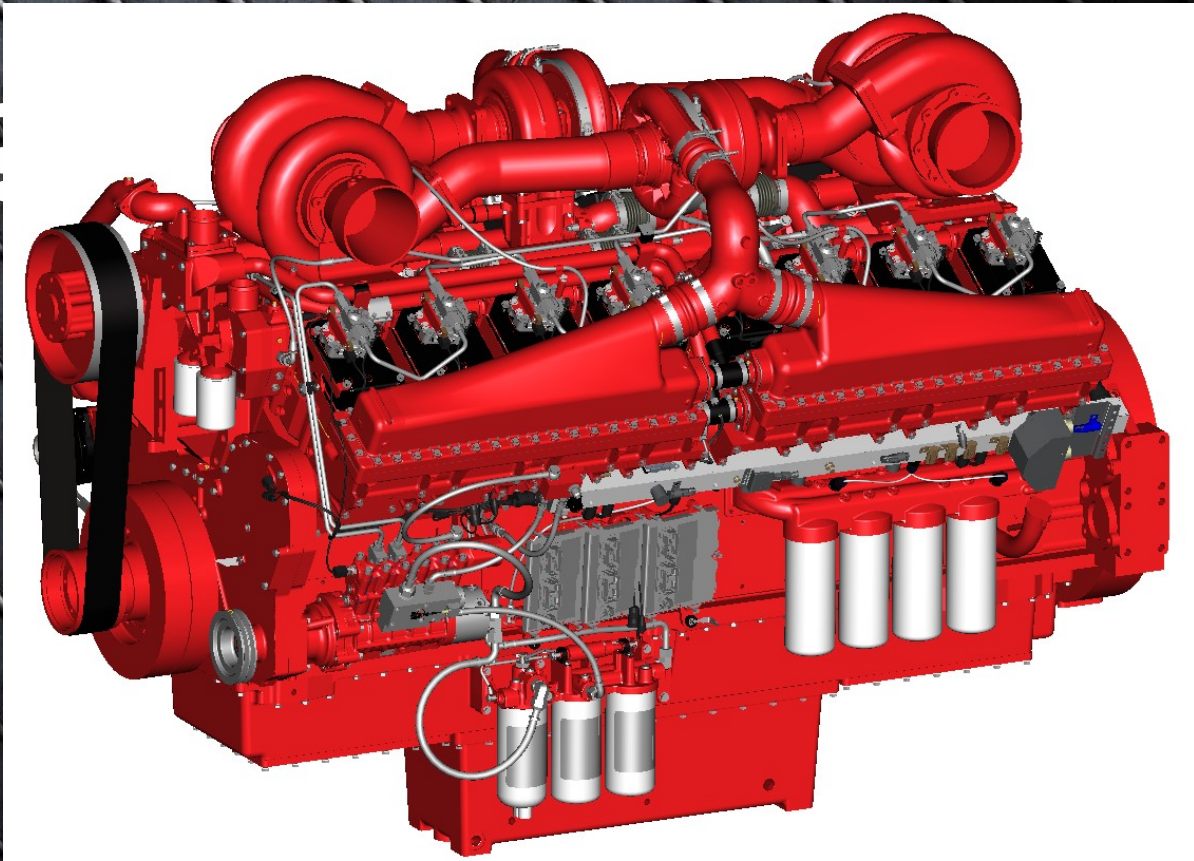
Sistema SCR

¿Porqué SCR y no EGR para Euro 4 & Euro 5?

- El sistema SCR entrega la solución a más bajo costo.
- El sistema SCR permite un intervalo de cambios de combustible alargado en motores Euro 3.
El mantenimiento de un producto EGR difiere del mantenimiento de un Euro 3 sin el uso de aceite sintético.
- Futuras pruebas– Euro 4 y Euro 5 vienen de una misma plataforma tecnológica, con mínimos cambios.
- 10% de mejor rendimiento entre un motor Euro 4 EGR y un motor Euro 4 SCR en favor del SCR.
- Menor tensión en un motor SCR debido a la menor temperatura de operación que es traducida en mayor durabilidad.



¿Preguntas?





Gracias