

# ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DIESEL PREDOMINANTES EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

*Analysis of the diesel technology automotive prevalent in the park public transport in the city of Barranquilla*

Fecha de recibo del artículo: Julio de 2011 - Fecha de aceptación: Septiembre de 2011

Fabio Bermejo Altamar

Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia / Grupo de Investigación GI FOURIER. Barranquilla, Colombia, fabiobermejo@yahoo.com

Wilman Orozco Lozano

Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia / Grupo de Investigación GI FOURIER. Barranquilla, Colombia, wilmaorozco@yahoo.es

## RESUMEN

Las leyes emanadas del gobierno nacional, orientadas a la sustitución parcial o total de combustibles de origen fósil por alternativos, generalmente han mostrado un desconocimiento de las características constructivas de los vehículos que circulan en el país. En Colombia, al igual que en muchos países latinoamericanos y en general en naciones en vía de desarrollo, es muy frecuente encontrar vehículos nuevos entrando al mercado con más de una década de retraso tecnológico en relación con el periodo en que dejaron de comercializarse en sus países de origen. Este fenómeno es más marcado en los vehículos de transporte público, puesto que este segmento es muy sensible a la inversión inicial en el equipo y a los costos operativos, sensibilidad aun mayor en la actualidad, donde las principales ciudades de la costa Caribe experimentan el fenómeno del "mototaxismo" en detrimento del transporte formal de pasajeros. Estos condicionantes sociales, económicos y tecnológicos motivaron a los investigadores a realizar una búsqueda exhaustiva de las características técnicas de los motores Diesel predominantes en la ciudad de Barranquilla, de igual forma se evaluaron los programas de mantenimiento actuales y los costos operativos. En el artículo se condensan los resultados de cerca de 200 encuestas realizadas en terminales de autobuses convencionales y en talleres, además se presentan una serie de recomendaciones orientadas al establecimiento de un programa de diagnóstico de los parques automotores de transporte público, previo a la incorporación de combustibles alternativos.

## Palabras clave

Contenido de azufre, combustible diesel, normas Euro, motores diesel.

## ABSTRACT

Laws issued by the national government aimed at the partial or total replacement of fossil fuel alternatives have generally shown a lack of constructive characteristics of the vehicles on the main avenues of the country. In Colombia, as in many Latin American countries in general and in developing nations, it is very common to find new vehicles entering the market with more than a decade of technological backwardness in relation to the period in which ceased trading in their countries of origin. This phenomenon is most pronounced in public transport vehicles, as this segment is very sensitive to the initial investment in equipment and operating costs, even greater sensitivity today, where major cities on the Caribbean coast experienced the phenomenon of "motorcycle taxi" to the detriment of the formal transport passengers. These social conditions, economic and technological prompted researchers to conduct an extensive search of the technical characteristics of diesel engines prevailing in the city of Barranquilla, similarly assessed the current maintenance program and operating costs. The article summarize the results of nearly 200 surveys conducted in conventional bus terminals and workshops, and presents a series of recommendations aimed at establishing a program of diagnosis of the vehicle fleets of public transport, prior to the incorporation of alternative fuels.

## Keywords

Sulfur, diesel fuel, Euro standards, diesel engines.

## INTRODUCCIÓN

La radiografía del transporte urbano en Barranquilla evidencia graves problemas: la autoridad en esa materia está diseminada en distintos organismos, el número de vehículos supera los índices permitidos, el mototaxismo aumenta y la cultura ciudadana se extingue en medio de la falta de políticas públicas claras frente a este tema [1]. Todo lo anterior sumado a las continuas alzas en el combustible y al desmonte gradual de los subsidios por parte del Estado hace notar que si no se toman medidas preventivas a tiempo, en un futuro el transporte público de la ciudad de Barranquilla colapsará. A nivel mundial, el mercado de vehículos con motores de encendido por compresión ha registrado un elevado crecimiento en relación con los de gasolina, debido a la evolución de la tecnología diesel en este último siglo. A nivel europeo, hoy en día más del 35% de las nuevas unidades matriculadas están equipadas con MEC [2]. Por iniciativa de la Unión Europea, desde 1991 se vienen desarrollando proyectos en conjunto con Nuevos Estados Independientes y Mongolia en lo que se denomina TACIS [3], con el objetivo de fomentar la optimización del servicio de transporte público. En esta misma línea, la International Energy Agency (IEA) [4] ha enfocado su trabajo en el desarrollo de sistemas de transporte más económicos y amigables con el ambiente, emprendiendo una lucha contra los altos costos tecnológicos, en procura de servicios competitivos en el mercado actual y promocionando el uso del transporte público por encima de medios de transporte privados y alternativos [5].

Los grandes avances que ha tenido la implementación de esta tecnología en países desarrollados como Estados Unidos y en la Unión Europea, no se ve reflejado en el ámbito latinoamericano. México, uno de los Estados más desarrollados en Latinoamérica, muestra en recientes estudios realizados por el Banco Mundial, que los nuevos modelos de motores en el mercado correspondían a tecnologías de casi una década de antigüedad en los Estados Unidos. Este caso se repite en el resto de países de América Latina [6], por lo que la edad del parque sigue en aumento, sumado a la baja tasa de chatarrización que se observa.

En Colombia también se han realizado avances tecnológicos en la reducción de contaminantes y en la optimización del transporte público colectivo (TPC), estos proyectos han dado resultados favorables, como es el caso de la ciudad de Bogotá con el Transmilenio [7], el cual ha resultado ser una solución viable y amigable con el medio ambiente. El éxito de este proyecto se debe en gran parte a las adecuadas operaciones energéticas y los buenos mantenimientos preventivos realizados a la flota de buses, además de la preocupación por avanzar como lo hace la tecnología de los automotores, contando hoy en día con buses con normas de regulación ambiental Euro III [8].

El objetivo de este artículo es mostrar un diagnóstico de la tecnología actual del parque automotor diesel en Barranquilla. La necesidad de realizar un estudio de las tecnologías diesel predominantes en el parque automotor de la ciudad surge debido a la falta de conocimiento sobre las técnicas empleadas en el mantenimiento, el estado actual de los motores, el atraso tecnológico, la influencia del entorno local y la necesidad de crear una base de datos confiable que pueda ser utilizada para la realización de estudios posteriores que permitan avanzar y predecir la tendencia del parque. Además de verificar si es viable, desde el punto de vista económico, tecnológico y ambiental cambiar o rediseñar los motores diesel para que funcionen con combustibles alternativos.

## EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DEL PARQUE AUTOMOTOR PÚBLICO EN BARRANQUILLA

Los países industrializados son proveedores de tecnologías tanto de última generación como obsoletas para el sector transporte, estas últimas tienen como destino las naciones en vía de desarrollo, generando grandes problemas ambientales, contrario a lo que sucede en los sitios de origen, tales como la Unión Europea y Estados Unidos, donde existen normas ambientales muy estrictas (EURO y EPA), orientadas hacia la disminución progresiva de las emisiones atmosféricas en vehículos nuevos [9].

En cuanto a Latinoamérica, el TPC presenta un crecimiento ininterrumpido, sin reposición equivalente [10], hecho que conlleva cada vez más a flotas desactualizadas.

El parque automotor de TPC de la ciudad de Barranquilla cuenta con un gran porcentaje de vehículos que usan motor de encendido por compresión (MEC) para su funcionamiento. Proyectos realizados en la capital del Atlántico sobre la evaluación y diagnóstico de flotas vehiculares del TPC no han hecho énfasis en el estudio de estos motores. Se han investigado los planes de mantenimiento preventivo y se ha demostrado que no son efectivos para optimizar la operación y eficiencia de los automotores, ofreciendo de este modo solo un mantenimiento de tipo correctivo [11]; además de esto, el número de vehículos se ha incrementado significativamente en los últimos años, causando elevados índices de contaminación ambiental al emitir importantes cantidades de contaminantes de óxidos de nitrógeno (NOx) y particulados que eran impensables tan solo hace unas décadas [12]. Estudios más recientes han demostrado que la edad del parque automotor de TPC en la ciudad ha disminuido entre los años 2002 y 2005, esto se debe a la disminución en la edad de los buses y busetas, a diferencia de los microbuses, que se han venido rezagando debido a que el ingreso de estos vehículos al TPC es menor que el de buses y busetas. Aunado a esto, la "dieselización" del parque ha venido aumentan-

do desde comienzos del presente siglo y sumado a la baja tasa de repotenciación de motores a gasolina, han generado la preocupación del gobierno en cuanto al aumento del consumo de combustible diesel, promoviendo programas a nivel nacional para fomentar el uso de biocombustibles y combustibles alternativos.

Pero a pesar de todos los estudios que se han realizado hasta la fecha, no se ha considerado el impacto que tienen en la renovación tecnológica del parque los siguientes factores:

- El crecimiento acelerado de fenómenos como el mototaxismo [13]. Se cree que en Barranquilla hay entre 7 mil y 10 mil mototaxistas, quienes transportan 120 mil pasajeros diariamente [1].
- El transporte informal se presenta, también, cuando los taxis funcionan como colectivos en la ruta de los buses, o cuando una camioneta-taxi sube pasajeros al 'platón', espacio destinado para transporte de carga y no de personas, hecho prohibido por el Artículo 83 de la Ley 769 de 2002.
- La desorganización de las empresas transportadoras en la ciudad, y su futuro incierto después de la implementación del sistema de transporte masivo "Transmetro", el cual representará cerca del 30% del transporte público en la ciudad [1].
- La falta de reestructuración de las rutas y de una actualización del estudio de movilidad de la ciudad.

La problemática ambiental merece una consideración especial, debido a que los MEC emiten gran cantidad de contaminantes de NOx y material particulado. Una baja de estos contaminantes se logra reduciendo el azufre en los combustibles diesel, debido a que en la combustión se emite bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y sulfato. Adicional a esto, el azufre impide el uso de nueva tecnología para el control de contaminantes como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Es por esto que una de las razones que impide la aplicación de estas tecno-

logías es la mala calidad del diesel ofrecido en muchos países del mundo, cuyos altos contenidos de azufre crean un ambiente agresivo en contra de filtros y catalizadores. El contenido de azufre que presenta el combustible colombiano, según el Minminas, se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Contenido de azufre en carburantes colombianos (en ppm)**

Producto/año	01-jul-06	01-jul-07	01-jul-08	31-dic-10
ACPM	4.500	4.000	3.000	500
ACPM Bogotá	1.200	1.000	1.000	500
Gasolina	1.000	1.000	1.000	300

Fuente: www.minminas.gov.co. Ley 1083 de 2006

La comparación del combustible diesel utilizado actualmente en Colombia con los países asiáticos, Unión Europea y Estados Unidos se muestra en la Tabla 2, donde se puede notar la gran diferencia que existe en el contenido de azufre del combustible colombiano con otros países y se comprende mejor el atraso tecnológico que presentan los vehículos a nivel local y nacional.

**Tabla 2. Niveles de azufre de países asiáticos, Unión Europea y Estados Unidos vs. Colombia**

País o ciudad			Colombia
Bangladesh			
Cambodia			
Hong Kong, China			
India			
Indonesia			
Japón			
Malasia			
Pakistán			
Filipinas			
PRC			
República de Korea			
Singapur			
Sri Lanka			
Taipei, China			
Thailandia			
Vietnam			
Unión Europea			
Estados Unidos			
>500 ppm	51-500 ppm	<50 ppm	

## NORMAS DE REGULACIÓN AMBIENTAL

Las Investigaciones recientes han estado orientadas a disminuir las emisiones contaminantes según las normas establecidas en los países industrializados. Las normas Euro fueron diseñadas para ser homologadas por los fabricantes de vehículos nuevos, estas normas son progresivas con respecto a su aplicación. En los países europeos la secuencia de aplicación de la norma se muestra en la Tabla 3 y adicionalmente el tamaño de las partículas de contaminantes toleradas.

La mayoría de los países latinoamericanos, incluyendo a Colombia, se encuentran bajo norma de regulación EuroII y esto se debe a los 10 años de rezago tecnológico que presentan las tecnologías diesel en comparación con los países europeos.

## TENDENCIA AUTOMOTRIZ DEL PARQUE

En la ciudad de Barranquilla existen 27 empresas de transporte público, actualmente por las calles de la ciudad circulan alrededor de 1.974 buses, 720 busetas y 1.730 microbuses. Todo esto sin incluir el creciente número de transportadores informales que han surgido, como los mototaxistas y los taxis colectivos.

En la Tabla 4 se muestra una estadística del crecimiento del parque automotor desde el año 1995 hasta el 2008 [14]. En ella se puede apreciar cómo el número de busetas y microbuses supera actualmente al número de buses en la ciudad. Y en cifras mucho más alarmantes el número de motocicletas, que superan las veinticinco mil unidades. Tan solo en el año 2006 se registraron en el departamento de tránsito 10.202 de estos vehículos. Esta cantidad de motociclistas preocupa al distrito, ya que en el 45% de los accidentes de tránsito está involucrada una motocicleta [13].

A diferencia de años anteriores, la movilización de pasajeros actualmente es muy similar entre buses y busetas, lo que explica la preferencia de las empresas por adquirir busetas en vez de buses nuevos, siendo menos costosas en cuanto a combustible y mantenimiento.

**Tabla 3. Norma europea de regulación ambiental para MEC**

Tipo	Fecha	Tipo de motor utilizado en Barranquilla	Ciclo de ensayos	NOx	Contenido de azufre
Euro I	1992, < 85 Kw.			8.0	1.400 ppm
	1992, > 85 Kw.			8.0	
Euro II	Oct. 1996	Caterpillar 3116	ECER R-49	7.0	500 ppm
		Caterpillar 3126E			
		Isuzu 4JB1-TC			
		Isuzu 4HG1T			
	Oct. 1998	Isuzu 6HE1-TC		7.0	
		International DT 466E			
		MWM 4.1 TCA			
		MWN 6.1 TCA			
Euro III	Oct. 1999 Sólo EEVs		ESC & ELR	2.0	350 ppm
	Oct. 2000		5.0		
Euro IV	Oct. 2005		ESC & ELR	3.5	50 ppm
Euro V	Oct. 2008			2.0	10 ppm

Fuente: [www.dieselnat.com](http://www.dieselnat.com)**Tabla 4. Estadísticas del parque automotor de servicio público de la ciudad de Barranquilla**

Año	Buses	Busetas	Microbuses	Motocicletas
1995	205	36	290	1.102
1996	144	14	125	502
1997	123	42	72	236
1998	172	52	114	828
1999	205	41	275	987
2000	139	71	138	447
2001	61	27	54	279
2002	117	48	138	657
2003	129	46	194	610
2004	92	58	118	1.017
2005	148	51	67	3.497
2006	159	114	50	10.202
2007	208	79	75	3.409
2008	72	41	20	1.277
Total	1.974	720	1.730	25.053

Fuente: [www.mintransporte.gov.co](http://www.mintransporte.gov.co)

En primera instancia, la movilización de pasajeros por día para los buses muestra una tendencia decreciente durante el periodo de 1999 al 2006, en un principio explicada por la situación económica del país [15] y se cree ahora resultado de la preferencia del usuario por medios de transporte alternativos.

Los buses y las busetas movilizan diariamente similares cantidades de usuarios, siendo estas últimas más económicas en cuanto a costo, consumo de combustible y mantenimiento. De la misma forma, el consumo de combustible es similar al de un microbús, con la ventaja de poder transportar mayor número de pasajeros; bajo

estos argumentos, la buseta se proyecta como el vehículo predominante en el futuro, reemplazando efectivamente a buses y microbuses [16].

En todo caso, el parque automotor de servicio público colectivo de la ciudad ha sentido el impacto competitivo del mototaxismo, la sobreoferta y fenómenos naturales como el crecimiento de la ciudad, hecho que aumenta los tramos recorridos y disminuye la generación de viajes, disminuyendo así el número de pasajeros movilizados, que es uno de los resultados del presente estudio.

## ESTADO TECNOLÓGICO DE LOS MOTORES DIESEL EN BARRANQUILLA

Para analizar el estado tecnológico de los MEC que se encuentran en el parque automotor de TPC de la ciudad, se realizó en primera instancia una clasificación de la muestra representativa de 162 vehículos por sistema de alimentación de combustible y por porcentaje de participación de cada motor en la muestra, como se presenta en la Tabla 5.

En la Tabla 5 se aprecia el predominio del motor Caterpillar 3116 y surge la necesidad de conocer las características constructivas de cada uno de los motores.

En la Tabla 8 (ver Anexos) se muestra la tecnología aplicada a cada uno de los motores pertenecientes al parque automotor de la ciudad, la cual será comparada con la tecnología que se encuentra aplicada actualmente en los países asiáticos, Unión Europea y Estados Unidos. Esta recopilación se presenta en la Tabla 7 (ver Anexos), cuya información fue obtenida de las fichas técnicas de los diferentes motores. Lo anterior se realiza con el objetivo de conocer uno de los criterios del atraso tecnológico en el cual se encuentra el parque automotor del TPC en la ciudad. De lo anterior se puede inferir que la norma de regulación ambiental que reglamenta al parque es la Euro II y que muy pocos de los vehículos estudiados funcionan con un sistema de inyección electrónica de combustible. Es importante también conocer la tecnología aplicada en algunos países industrializados para realizar una comparación y determinar el retraso tecnológico que se presenta en la ciudad [17]. Cabe resaltar que todos los motores que se presentan en la Tabla 7 constan de un sistema de alimentación de combustible de inyección electrónica y que los motores de marca Volvo se pueden encontrar en algunas presentaciones opcionales para trabajar con norma de regulación Euro V. En la Figura 1 se muestra la comparación tecnológica.

**Tabla 5. Clasificación de la muestra por sistema de alimentación de combustible**

Sistemas de alimentación de combustible	Marcas de los motores diesel	Número de motores en la muestra	Modelo del vehículo	Porcentaje de participación
Inyección Mecánica Directa	Caterpillar 3116	47	1992-2002	74%
	Isuzu 4JB1-TC	37	2002-2008	
	Isuzu 4HG1T	28	2002-2008	
	MWM 4.1 TCA	2	2002	
	MWM 6.1 TCA	1	1997	
	Daihatsu 15B-FT	5	2002-2008	
Inyección Electrónica Directa	Caterpillar 3126E	16	2001-2008	26%
	International DT466E	14	1998-2008	
	Isuzu 6HE1-TC	12	2000-2008	

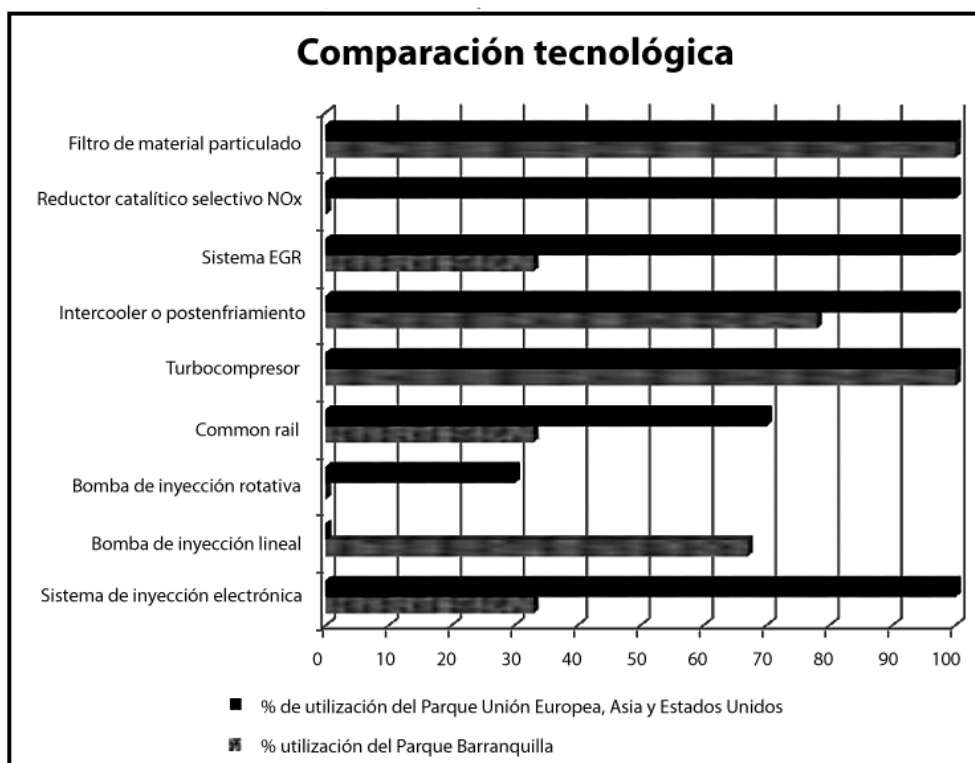


Figura 1. Comparación tecnológica de Barranquilla vs. Unión Europea, Asia y Estados Unidos

Se deduce de la Figura 1 que el turbocompresor utilizado en el parque automotor local es en su totalidad de geometría fija mientras que el utilizado en los vehículos de países industrializados es de geometría variable.

En cuanto a las rutinas de mantenimiento predomina en el parque una programación basada

en las condiciones de operación de los vehículos, la mayoría de las labores de mantenimiento son correctivas y basadas en labores intuitivas y empíricas, en donde no se prevén los daños y el vehículo no se prepara para las condiciones en las que trabajará.

Tabla 6. Comparación de costos de aplicación de tecnologías de regulación ambiental

Comparación de costos entre un motor Caterpillar 3126 E con normas de regulación Euro II y Euro V			
Norma	Costo de motor y chasis (pesos)	Costo total (pesos)	Tiempo de recuperación de la inversión (meses)
Euro II	\$ 125.530.000.00	\$ 168.361.382.00	42
Euro V	\$ 152.442.460.00	\$ 195.274.292.00	49

Fuente: Conceição W [17].

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se puede observar, de todo lo presentado anteriormente, que el atraso tecnológico que presenta el parque automotor de Barranquilla, comparado con países asiáticos, la Unión Europea y Estados Unidos, es significativo, cerca de 10 años de diferencia. Esta es una de las razones por las cuales no se puede llegar a cumplir con normas de regulación de gases más rigurosas como la Euro IV, las cuales exigen la aplicación de tecnología avanzada en los sistemas de reducción de gases contaminantes, sistema de alimentación de combustible y un bajo contenido de azufre en el carburante del motor, logrando una reducción en los niveles de contaminación en el ambiente y una optimización el rendimiento del motor, mejorando así el estado del TPC. Pero es, en realidad, muy complicado que los propietarios de los automotores en la ciudad realicen una inversión en tecnologías tan costosas como las exigidas por las normas "EURO" (véase Tabla 9 en Anexos), que a largo plazo no les generaría ganancia alguna y que alargaría mucho más el tiempo de recuperación de la inversión inicial (Tabla 6). Todo esto adicionado a que los entes reguladores de las leyes ambientales en la ciudad son muy flexibles con sus exigencias, lo que da lugar a todo el atraso tecnológico actual.

Otro factor importante para la tecnología aplicada a los MEC es el contenido de azufre, y debido al excesivo contenido registrado en el carburante a nivel local de 4.000 ppm, resulta muy difícil implementar los equipos de post-enfriamiento de gases utilizados en los países desarrollados, tales como reductores de NOx, filtros y catalizadores.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es para la ingeniería y todas las áreas del saber un reto lograr en la ciudad una cultura amigable con el medio ambiente, ya que el dinero es el principal factor para los propietarios de los vehículos ante la escasez de organismos de control en cuanto a uso racional de la energía y de políti-

cas ambientales estrictas que puedan garantizar el bienestar general. Todo lo anterior no es más que un negocio muy afectado por factores externos como informalidad del transporte público, estado de las vías, sobreoferta y el crecimiento de la ciudad, donde no resulta viable realizar un mantenimiento preventivo y lo único que importa en la actualidad es que el vehículo funcione, sin tener en cuenta factores externos como la contaminación y la comodidad de los usuarios.

Finalmente, para cumplir con los constantes cambios en las normativas de emisiones y ahorro de combustible, para al menos así lograr un avance en materia ambiental, es necesario obtener mayores desarrollos en los sistemas de inyección electrónica de combustible, sistemas de admisión y escape, y una reducción en contenido de azufre en combustible diesel, que actualmente no permitiría el correcto desempeño de un motor que tan siquiera cumpliera con los requerimientos mínimos de la reglamentación Euro III (Tabla 3). Esto podría lograrse promoviendo combustibles alternativos para reemplazar total o parcialmente el diesel, mejorando la calidad del combustible mediante una reducción en el contenido de azufre, reparando las principales vías públicas, buscando soluciones que faciliten la regulación del tránsito en la ciudad, realizando conferencias de parte del Ministerio de Transporte, el gobierno u otras entidades relacionadas con el tema, para informar a propietarios de vehículos y empresas de transporte público urbano sobre el estado actual en que se encuentra el parque y así dar un aporte sobre nuevas soluciones a este problema.

## REFERENCIAS

- [1] eltransporte.com. [En línea] Disponible: <http://www.eltransporte.com/colombia/index.php>
- [2] Revista InterGas. *Turbo de geometría variable: respuesta instantánea*. Abril, 2006.
- [3] TACIS. *Energy savings in urban transport*. 30 p. 1996.
- [4] Energy efficiency policy recommendations. (IEA,



- por sus siglas en inglés: Internacional Energy Agency). [En línea] Disponible: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name.3782.en.html>
- [5] J. Mantilla, H. Acevedo, C. Duque y C. Galeano. "Implementación de un bus articulado con motor dedicado a gas natural en los sistemas de transporte masivo de Colombia". En: Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia ISSN: 0120-6230, 2008 vol. 43 fasc.: N/A pp. 18 - 32.
- [6] M. F. Olivera. *Transmilenio y sus impactos sobre la contaminación atmosférica de Bogotá*. Ponencia en el congreso "Eventos Ambientales 2005". Febrero de 2005. Universidad del Norte.
- [7] L. Fulton. *Sustainable Transport. New insights from the IEA'S worldwide transit study*. International Energy Agency. 2001.
- [8] Z. Gautam y B. Onursal. *Contaminación atmosférica por vehículos automotores. Experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina*. Documento técnico del Banco Mundial # 3735. Junio 1997.
- [9] M. Barandica y E. Mercado. *Diagnóstico del parque automotor de servicio público de la ciudad de Barranquilla*. 2002. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica. Universidad del Norte.
- [10] C. Soto. *Estimación de la contaminación gaseosa emitida por vehículos de transporte público colectivo de tres ciudades de Colombia*. 2005. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte.
- [11] R. Sarmiento Coley. "Mototaxismo genera inseguridad y accidentes". En: El Heraldo, Barranquilla, (Abril de 2006). [En línea] Disponible: <http://elheraldo.com.co>
- [12] Ministerio de Transporte. [En línea] Disponible: <http://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>
- [13] J. Martínez, J. Castrillón y V. Delgado. "Costos del Transporte Urbano de Barranquilla". En: Pensamiento y Gestión ISSN: 012 5507 ed: v. 7 fasc. 1 pp. 1 - 48, 1999.
- [14] L. Navarro y J. Rivero. *Evaluación tecnológica de los vehículos de transporte público*. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte.
- [15] G. Wilson da Conceição. *Viabilidad técnica, económica y ambiental de la penetración del Gas Natural en flotas de vehículos colectivos urbanos de pasajeros*. Tesis de grado para obtener el título de Magíster en Ciencias de Planeamiento Energético. Universidad Federal de Río de Janeiro (COPPE). Diciembre de 2006.

## ANEXOS

**Tabla 7. Tecnología aplicada a los motores en países asiáticos, Unión Europea y Estados Unidos**

Tecnología/ Motor	Volvo D7E	Volvo B9TL	Volvo DH12	OM 906 hla	Cummins ISL	Cummins ISB-02
Turbocompresor	Geometría variable	Geometría variable	Geometría variable	Geometría variable	Geometría variable	Geometría variable
EGR	X	X	X	X	X	X
Sistema post-enfriamiento o intercooler	X	X	X	X	X	X
Filtro de material particulado	X	X	X	X	X	X
Catalizador selectivo de Nox	X	X	X	X	X	X
Sistema de alimentación de combustible	Common rail	Common rail	Common rail	Bomba rotativa	Common rail	Common rail
Norma de regulación ambiental	Euro IV	Euro IV	Euro IV	Euro IV	Euro IV	Euro IV

**Tabla 8. Tecnología aplicada en los motores del parque automotor diesel en Barranquilla**

Tecnología/Motor	Caterpillar 3116	Caterpillar 3126E	Isuzu 4JB1-TC	Isuzu 4HG1T	Isuzu 6HE1-TC	MWM 4.1 TCA	MWM 6.1 TCA	International DT 466E	Daihatsu 15B-FT
Turbocompresor	Geometría fija	2 etapas, geometría fija	Geometría fija	Geometría fija	2 etapas, geometría fija	Geometría fija	Geometría fija	2 etapas, geometría fija	Geometría fija
EGR		X			X			X	
Sistema post-enfriamiento o intercooler		X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro de material particulado	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de alimentación de combustible	Bomba lineal	Common rail	Bomba lineal	Bomba lineal	Common rail	Bomba lineal	Bomba lineal	Common rail	Bomba lineal
Norma de regulación ambiental	Euro II	Euro II	Euro II	Euro II	Euro II	Euro II	Euro II	EPA 2002	Euro II

**Tabla 9. Información y costos de dispositivos empleados para la reducción de sustancias contaminantes**

Dispositivos	Vehículos pesados
Filtro de Material Particulado (DPF) regenerativo para (PM)	US\$2.400
Reductor Catalítico Selectivo de NOx (SCR)	US\$2.522
Trampa de Óxidos de Nitrógeno (NTS) para (NOx)	US\$1.430
Catalizador de 4 vías (CO, HC, PM, NOx)	US\$2.860
Catalizador de 3 vías (TWS) para (CO, HC, NOx)	US\$1.300
Catalizador de Oxidación de baja temperatura (DOC) para (CO, PM)	US\$1.300

Fuente: Conceição W [17].