

Análisis del Nivel de Opacidad de la Flota de Buses Urbanos de la Cooperativa Uncometro S.A.

Analysis of the Opacity Level of the Urban Bus Fleet of Cooperativa Uncometro S.A.

David Avendaño

Instituto Superior Tecnológico
Luis Rogerio González
Azogues, Ecuador

david.avendano@institutoscanar.ec
Orcid: 0000-0002-1494-1181

Mayra Salto

Instituto Superior Tecnológico
Luis Rogerio González
Azogues, Ecuador

mayra.salto@institutoscanar.ec
Orcid: 0000-0002-2987-8963

Rómulo Astudillo

Instituto Superior Tecnológico
Luis Rogerio González
Azogues, Ecuador

romulo.astudillo@institutoscanar.ec
Orcid: 0000-0001-9001-5270

Resumen— El presente trabajo establece un análisis del nivel de opacidad de los buses urbanos de la flota de la Compañía UNCOMETRO S.A. basado en métodos de ensayo descritos en la normativa nacional (NTE INEN 2202, NTE INEN 2207 y la Ordenanza Municipal de la ciudad de Cuenca). Con ello, se determina el cumplimiento de un proceso de Revisión Técnica Vehicular (RTV) y el estado mecánico de la flota. En esta investigación se realiza la recolección de muestras en 24 unidades de transporte, midiendo el nivel de opacidad mediante el método de aceleración libre descrito en NTE INEN 2202, se comparan los resultados con los valores establecidos en la ordenanza municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Cuenca, para la evaluación de los mismos, su coherencia con la realidad y el estado mecánico en el que se encuentra la flota de buses. Se levantan 157 mediciones de opacidad en las unidades de transporte citadas para que, a partir de esta base de datos, se realicen los análisis de la investigación. Finalmente, el desarrollo de este trabajo constituye una referencia para la redacción de una futura ordenanza municipal que aporte los rangos límite de opacidad del transporte público de la ciudad de Azogues.

Abstract— This work establishes an analysis of the opacity level of the urban buses that belong to the fleet UNCOMETRO S.A., based on test methods described in national regulations (NTE INEN 2202, NTE INEN 2207 and the Municipal Ordinance of Cuenca). The compliance of a Vehicle Technical Review (RTV, acronyms in Spanish) process and the mechanical state of the fleet are determined. In this research, samples are collected in 24 buses, measuring the opacity level by using the free acceleration method described in NTE INEN 2202. The results are compared with the values established in the municipal ordinance of the Decentralized Autonomous Government (GAD, acronyms in Spanish) of Cuenca, in order to determine if those values have coherence with the real and mechanical state of the buses. A total of 157 opacity measurements are taken in the mentioned transport units, so that, from this database, the research analyzes can be carried out. Finally, the development of this research constitutes a reference for the future drafting of a municipal ordinance that provides the opacity limit ranges of public transport in the city of Azogues.

Palabras Clave: Opacímetro, opacidad, bus urbano, emisiones.

Keywords: Opacimeter, opacity, urban bus, emissions.

Enviado: 14/02/2020

Aceptado: 01/09/2020

Publicado: 30/12/2020

Sumario: I Introducción, II Desarrollo de Contenidos, III Obtención de Datos, IV Análisis de Resultados, V Conclusiones.

Como citar: Avendaño, David., Salto, Mayra., & Astudillo, Rómulo. (2020). Análisis del Nivel de Opacidad de la Flota de Buses Urbanos de la Cooperativa Uncometro S.A. *Revista Tecnológica - Espol*, 32(2). Recuperado a partir de <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/716>

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/rte/article/view/716>
<https://doi.org/10.37815/rte.v32n2.716>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

I. INTRODUCCIÓN

La opacidad se define según [1] como la condición en la cual la materia impide parcial o totalmente el paso de un haz de luz a través de ella, es decir, el nivel de visibilidad de los productos de combustión de un motor de combustión interna (MCIA) que está constituido por: Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos no quemados (HC), Dióxido de Carbono (CO₂), Vapor de Agua (H₂O), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Ozono (O₃), Dióxido de Azufre (SO₂) y material particulado (PM). El humo de escape es más oscuro cuanto más denso sea el combustible utilizado [2].

En la ciudad de Cuenca, para la medición de opacidad (únicamente en vehículos con motor Diésel) y otros procesos asociados a matriculación ha implementado un centro de Revisión Técnica Vehicula (RTV): Esta revisión evalúa en el automotor: el estado mecánico, elementos de seguridad, emisiones, documentos habilitantes y el ruido. Todo esto a través de métodos visuales y mecánicos. [2].

Los valores límite, para el nivel de opacidad en el ámbito nacional, se han planteado en la norma NTE INEN 2207; sin embargo, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Cuenca y la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) distan de estos valores por considerarlos mínimamente exigibles y los ajustan únicamente para el transporte público de la ciudad en una ordenanza que regula los límites de opacidad [3].

Con base en los procedimientos para la medición de opacidad descritos en la norma NTE INEN 2202 y empleando los valores de opacidad máxima inicial, durante la vida útil de buses urbanos que fueron dispuestos en la ordenanza de la ciudad de Cuenca, se realizan varias pruebas de opacidad en 24 buses de la Compañía Uncometro S.A. con el fin de evaluar el estado mecánico de la flota, la coherencia de los valores prescritos en la ordenanza municipal con los medidos en los automotores de una compañía de transporte, y, establecer un estudio base que permita la redacción de una futura ordenanza que regule las emisiones del transporte público en la ciudad de Azogues.

En la Sección I de este documento se referencia el fundamento teórico para evaluar emisiones contaminantes en el transporte público de la ciudad de Cuenca. Además de argumentar los motivos de la realización de este trabajo, en la Sección II, se cita la normativa utilizada para la evaluación de emisiones diésel e investigaciones desarrolladas con anterioridad sobre el tema de interés. Se suman los resultados aportados por sus autores. En la Sección III se detalla el procedimiento de levantamiento de información y la construcción de la base de datos sobre la flota de buses de la compañía Uncometro S.A. En la Sección IV se analiza dicha información y se aportan los resultados de la investigación. Finalmente, en la Sección V, se redactan las conclusiones generadas por los resultados de este documento.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

En Ecuador, el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) norma los equipos y procesos para la evaluación de emisiones contaminantes. Como se evidencia en [4, pp. 3-4] para la determinación de opacidad previamente se

realizan tres procedimientos: Calibración del equipo de medición (opacímetro), evaluación de parámetros de funcionamiento antes de la prueba (vehículo) y *test* de medición con base en [5, p. 5]; donde se detallan los límites máximos de opacidad para fuentes móviles con motor de diésel compilados en la TABLA I.

TABLA I
LÍMITES DE EMISIONES PRODUCIDAS POR VEHÍCULOS
DIÉSEL [5]

Año/Modelo	Porcentaje de opacidad
2000 y posteriores	50%
1999 y anteriores	60%

En [6, p. 9], el artículo 35 establece: “La Agencia Nacional de Tránsito fijará los valores nacionales y pruebas de idoneidad que serán los mínimos exigibles en cualquier centro de revisión, pero a solicitud de los GADs se podrán establecer mayores exigencias locales en la jurisdicción del GAD solicitante, una vez que la autoridad nacional haya aprobado la petición y la haya publicado e incluido en el Manual de Procedimientos de Revisión Mecánica y de Seguridad”.

Por este motivo, el Municipio del GAD de Cuenca conjuntamente con la EMOV EP implementan la ordenanza local que regula la opacidad del transporte público. En su artículo 5 expresa: “Del límite de opacidad máximo inicial. - El límite de opacidad de emisiones para todo vehículo nuevo, adquirido por las diferentes operadoras de transporte público de buses urbanos de Cuenca, para la prestación de este servicio público, incluso para la renovación o cambio de unidad, deberá ser no mayor al 5%, deberá respetarse por un lapso no menor a dieciocho meses contados a partir de la primera RTV de la nueva unidad”. Y en su artículo 6 detalla: “Del límite de opacidad máximo durante la vida útil. - El límite máximo permitido durante todo el tiempo de vida útil de los antes indicados automotores en el cantón Cuenca será hasta el 25% de opacidad”. [3, p. 6]

La normativa planteada por el INEN, el GAD de Cuenca y la EMOV EP ha generado trabajos de investigación con interés en los procesos de RTV. En la investigación realizada por Álvarez [2, p. 1] se diagnostica / analiza los procedimientos seguidos en los centros de revisión y su impacto en la ciudadanía, el autor establece que la RTV ha logrado: mejorar la calidad de vida de los habitantes, reducir los niveles de contaminación del aire, disminuir la cantidad de accidentes de tránsito producidos por fallas mecánicas en los automóviles, reducir los niveles de ruido y contribuir a la reducción de contaminantes que generan el calentamiento global.

En el trabajo realizado por Vintimilla [7, p. VI], se describe la RTV como un conjunto de procesos cuyo objetivo principal garantiza las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos, además de mantener un nivel de emisiones contaminantes por debajo de los límites máximos establecidos y comprobar que los vehículos que circulan cumplan con las normas técnicas y legales. El autor proyecta los índices de contaminación / consumo de combustible hasta el 2020 analizando los impactos: sobre

el tráfico vehicular, económico, ambiental, social y urbano concluye que el 27% de los vehículos que reprueban la RTV en Cuenca poseen defectos que incrementan sus emisiones, resaltando la importancia de la corrección de dichas averías para mejorar la calidad del aire.

Luna y Mier en [8, p. 124] determinan que existen tres factores de interés que varían el nivel de opacidad que registran los vehículos con motores diésel, entre los más importantes están: el kilometraje recorrido por el vehículo (relacionado con la vida útil del automotor), el mantenimiento que los propietarios realizan y la calidad del diésel utilizado por el automotor, factor que en el país está controlado a partir de la disposición de comercializar diésel Premium de bajo contenido de azufre (500 ppm). A pesar de no realizarse en Cuenca los investigadores concluyen que en la provincia de Imbabura la opacidad promedio de los vehículos diésel es del 32.24 %, con un límite mínimo del 11.8% y máximo del 59.3%.

Los autores citados con anterioridad utilizan un análisis cuantitativo en cada uno de sus trabajos, realizando principalmente procedimientos estadísticos en las bases de datos recolectadas para obtener los resultados y conclusiones; de igual forma el método cuantitativo se utilizará en el presente trabajo, describiendo el mismo en las siguientes secciones.

III. OBTENCIÓN DE DATOS

El registro de la base de datos se desarrolla con la ayuda de equipos de medición Brain Bee® MGT 300 EVO, Opacómetro OPA300 y *software* Omnibus 800. Al tomar los registros se analizan las condiciones de operación de un bus urbano (temperatura de funcionamiento y rpm) [5] como se aprecia en la Fig. 1, según normativa NTE INEN 2202 y NTE INEN 2207 los valores mínimos a alcanzar para realizar un test de emisiones se evidencian en la TABLA II [4].



Fig. 1 Equipo Brain Bee® MGT 300 EVO captando datos de velocidad de giro y temperatura del motor

TABLA II
CONDICIONES DE LAS PRUEBAS [4]

Condiciones	Valores
Temperatura de funcionamiento	75°C
Rpm	2500

Cuando estos valores no se encuentran en los rangos de medición establecidos, la prueba de opacidad se descarta y su valor se resalta en rojo, como se aprecia en la Fig. 2.

Para el desarrollo de la presente investigación se tomaron pruebas de opacidad en la flota de buses de la Compañía Uncometro S.A.; obteniendo así la información necesaria, en función de los procesos descritos en la NTE INEN 2202 para el análisis de opacidad en fuentes móviles diésel. En detalle la flota de buses de la Compañía está conformada por las marcas y modelos que se observan en la TABLA III.

TABLA III
DETALLE DE BUSES DE LA COMPAÑÍA UNCOMETRO S.A.

Flota de Buses de la Compañía Uncometro S.A.			
Marca	Modelo	Año	Número de unidades
Volkswagen	17260	2019	52
Hino	AK	2018	1
International	MX	2014	2
Mercedes Benz	OF-1721	2006	1
Total de la Flota			56

Se observa que la marca predominante es Volkswagen con 52 unidades, seguida por International con 2 unidades, Hino y Mercedes Benz con 1 unidad cada una. Se realizaron pruebas en 24 unidades de transporte que corresponden al 42.85% del total de la flota, siendo esta la muestra de buses recolectada.

Por cada bus se toma un rango de 5 a 9 muestras de opacidad en prueba de aceleración a 2500 rpm, según valores de aceleración libre contemplados en [4, p. 3].

TEST OFICIAL - RESULTADOS DE LA PRUEBA			PARA SALIR
OPACIDAD			
ACELERACIÓN	1 : =	17.1	[%]
ACELERACIÓN	2 : =	3.2	[%]
ACELERACIÓN	3 : =	54.9	[%]
ACELERACIÓN	4 : =	19.9 *	[%]
ACELERACIÓN	5 : =	11.7 *	[%]
ACELERACIÓN	6 : =	12.4 *	[%]
ACELERACIÓN	7 : =	12.1 *	[%]
ACELERACIÓN	8 : =	12.0 *	[%]
DIFERENCIA OPACIDAD	: =	8.2	[%]
VALOR PROMEDIO	: =	13.6	[%]
RESULTADO DEL TEST		APROBADO SIN FALTAS	

Fig. 2 Resultado de prueba de opacidad en la unidad 04-196 INTERNACIONAL MX 2014; mediante equipos Brain Bee® MGT 300 EVO, Opacómetro OPA300 y *software* Omnibus 800

La muestra tomada está acorde al detalle de la flota de buses en cuanto a predominancia de marcas, reflejando estos resultados en la TABLA IV.

TABLAIV
MARCAS DE BUSES DONDE SE REALIZARON LAS
MEDICIONES

Flota de Buses donde se realizaron las mediciones			
Marca	Modelo	Año	Número de unidades
Volkswagen	17260	2019	20
Hino	AK	2018	1
International	MX	2014	2
Mercedes Benz	OF-1721	2006	1
Total de la Flota			24

Al citar una de las pruebas, en la Fig. 3 se presentan los resultados de opacidad de la unidad Volkswagen 17260 con registro municipal 04-157; cuyos porcentajes son obtenidos del *software* Omnibus 800.

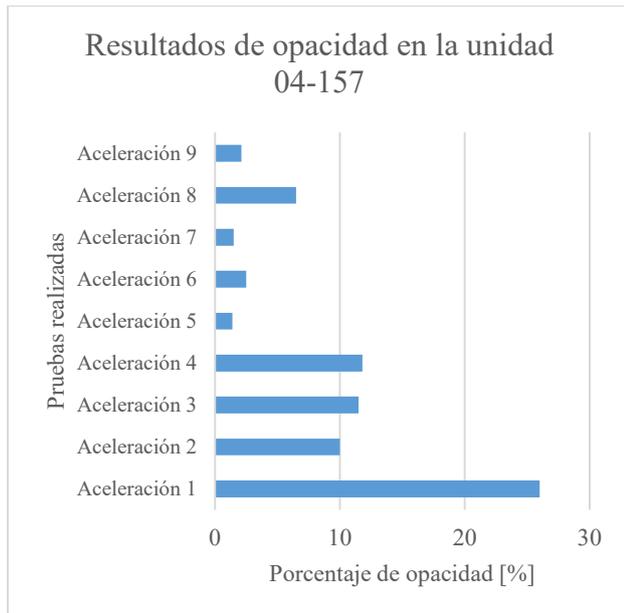


Fig. 3 Resultados de opacidad según prueba de aceleración libre basada en NTE INEN 2207

Los porcentajes de opacidad difieren entre aceleración y aceleración; el *software* Omnibus 800 establece un valor promedio de medición entre las pruebas recolectadas, también calcula el dominio de las mediciones al aportar el límite máximo y mínimo de medición. La resta de dichos valores es nombrado como diferencia de opacidad, reportando los dos valores citados como resultado de un *test* de emisiones.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las mediciones realizadas en las 24 unidades de la flota de buses de la compañía Uncometro S.A. se registran en la TABLA V, reportando el porcentaje de diferencia de opacidad entre los valores alcanzados y el valor promedio que se obtiene de dichas mediciones.

En estas pruebas sobresalen las unidades: 04-159 HINO AK 2018 y 04-207 Mercedes Benz OF-1721 2006 que presentan valores de 25.2% y 52.9% de diferencia de opacidad respectivamente. No reflejan valor promedio calculado debido a los porcentajes elevados de opacidad en cada aceleración, reprobando dichos buses el *test* de emisiones por lo que resultan no aptos para la circulación

en la ciudad.

TABLA V
DIFERENCIA DE OPACIDAD Y VALOR PROMEDIO DE LAS
PRUEBAS REGISTRADAS

Registro Municipal	Diferencia de opacidad [%]	Valor promedio [%]	Resultado
04-155	6.1	4.0	Aprobado
04-157	5.1	2.8	Aprobado
04-159	52.9	-.-	Rechazado
04-162	8.6	4.1	Aprobado
04-166	3.4	1.9	Aprobado
04-168	0.3	3.0	Aprobado
04-170	9.5	15.7	Aprobado
04-171	10.0	4.1	Aprobado
04-174	7.9	6.6	Aprobado
04-175	2.3	1.9	Aprobado
04-176	5.7	5.4	Aprobado
04-180	2.0	2.0	Aprobado
04-181	1.1	0.8	Aprobado
04-186	6.3	8.7	Aprobado
04-196	8.2	13.6	Aprobado
04-197	1.0	1.3	Aprobado
04-198	7.1	2.6	Aprobado
04-200	0.0	0.0	Aprobado
04-201	8.7	3.7	Aprobado
04-202	1.9	1.2	Aprobado
04-204	8.1	3.7	Aprobado
04-207	25.2	-.-	Rechazado
04-207	8.7	3.2	Aprobado
04-208	8.2	4.6	Aprobado

De las 24 unidades en las que se realizaron las mediciones de opacidad el 91.66% (22 unidades) aprobaron sin faltas. Dichas unidades tienen en promedio cinco meses de circulación por lo que se las considera como nuevas. Además de cumplir con la normativa internacional EURO 5 incorporan un catalizador de oxidación diésel (DOC) que disminuye las emisiones de CO y HC; un filtro de partículas diésel (DPF) que disminuye el material particulado (PM) u hollín reteniéndolo por adherencia en sus paredes mediante:

- Regeneración pasiva o continua: las altas temperaturas queman el PM.
- Regeneración activa: postinyecciones en el cilindro o mediante un inyector en el escape.

Con respecto al estado mecánico de la flota, las 22 unidades están en correcto estado de funcionamiento debido al su corto tiempo de uso con un promedio de opacidad de la flota del 4.33 %.

Resaltan de estas pruebas, la unidad 04-159 HINO AK 2018 que cumple la normativa internacional EURO 3; la cual, a pesar de tener 1 año de circulación, no cumple el estándar final de vida útil planteado por el GAD de Cuenca. De la misma forma, el 25% de opacidad después de 20 años de circulación, por lo que es importante acotar que la Ordenanza Municipal está concebida para buses con sistemas que cumplan normativa EURO 5. La unidad 04-207 Mercedes Benz OF-1721 2006 que tiene 13 años de circulación y a pesar de estar en el 65% de su vida útil no aprobaría un proceso de RTV debido principalmente a su sistema de inyección mecánica por bomba lineal.

Para la implementación de una ordenanza en el GAD de la ciudad de Azogues se debe seleccionar una muestra de buses y realizar pruebas similares a las de este proyecto respecto a la opacidad, determinando así el estado

mecánico de los automotores de las operadoras de buses que verifiquen el año de cada unidad y el tiempo que falta para cumplir su vida útil. Con estos datos se pueden establecer exigencias en límites de opacidad o adoptar los valores límites establecidos en la ordenanza de la ciudad de Cuenca, para lo cual habría la necesidad de adquirir buses urbanos que cumplan normativa EURO 5.

V. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos permiten analizar el estado mecánico y funcional en el que se encuentra la flota de buses de la Compañía Uncometro S.A., determinando la misma como óptima para prestar y cumplir con los servicios de transporte, garantizando la calidad del aire de la ciudad de Cuenca.

Los valores de opacidad generados en las pruebas de la flota de buses de la compañía Uncometro S.A. en promedio reportan un 4.33% y tienen coherencia con los valores límite planteados en la ordenanza de la Municipalidad de Cuenca y la EMOV EP. De esta forma, la ordenanza municipal es una guía fiable para valorar la opacidad del transporte público en esta ciudad.

La investigación realizada es una referencia para la recolección de registros de opacidad en buses por parte de la Municipalidad de Azogues, para la construcción de una ordenanza de RTV para el transporte urbano, en la cual los valores límite que se planteen pueden ser más exigentes que los descritos en INEN 2207 acorde al estado de la flota actual y el mejoramiento de la calidad de aire.

El propósito de esta sección es resumir los principales resultados discutidos a lo largo de este artículo. Recuerde manejar las conclusiones como enunciados cortos fundamentados en la teoría y los objetivos planteados.

RECONOCIMIENTOS

A la compañía Uncometro S.A.; en especial al Sr. Diego González, Gerente de la misma por la apertura para la toma de pruebas en las unidades y al personal mecánico de su taller de mantenimiento.

REFERENCIAS

- [1] J. Hernández y I. Mendoza, "MetAs & Metrólogos Asociados," Feb. 05, 2008. [Online]. Available: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-08-02-opacidad.pdf>. [Accessed: Aug. 05, 2019].
- [2] G. A. Álvarez, "Contaminación del Aire," *Diagnóstico y análisis de los procedimientos utilizados en la revisión técnica vehicular y su impacto en la ciudad de Cuenca*, Cuenca, Universidad del Azuay, 2010, pp. 51-112.
- [3] G. Cuenca, "Ordenanza que regula las condiciones para el mejoramiento de la calidad del servicio de transporte público de pasajeros de buses urbanos en el Cantón Cuenca y su plan de renovación," *Municipalidad de Cuenca*, Cuenca, 2018.
- [4] INEN, "Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre," *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, Quito, 2000.
- [5] INEN, "Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel," *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, Quito, 2002.
- [6] ANT, "Reglamento relativo a los procesos de la revisión técnica de vehículos a motor," *Agencia Nacional de Tránsito*, Quito, 2012.

- [7] P. F. Vintimilla, "Análisis de Resultados de la Medición de Emisiones de Gases Contaminantes de Fuentes Móviles a Partir de la Implementación de la Revisión Técnica Vehicular en el Cantón Cuenca," Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, 2015, pp. 54 - 78.
- [8] P. D. Luna and J. F. Mier, "Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diésel." Quito, Universidad Internacional del Ecuador, 2014, p. 124.