

"ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE COMBUSTIÓN EN LOS VEHÍCULOS USADOS, EQUIPADOS CON MOTOR DIESEL, IMPORTADOS A PANAMÁ EN EL AÑO 1998"

POR: *Ing. Orlando A. Aguilar G.* Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio muestra los resultados obtenidos por el laboratorio de Emisión de gases de motores de Combustión Interna del Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, de la prueba de opacidad, a la que fueron sometidos los vehículos de motor diesel, que a su ingreso a Panamá a partir del primero de enero de 1998, no contaran con una certificación válida de emisión de gases de combustión, expedida por el fabricante, en el caso de vehículos nuevos, o por centros de servicio autorizados en el país de origen, en el caso de vehículos usados. Esta labor se hizo como parte del apoyo ofrecido por la Facultad de Ingeniería Mecánica al Ministerio de Salud, Departamento de Residuos Peligrosos, en el Marco de la implementación de la Ley N° 36 del 17 de mayo de 1996, que estableció controles para evitar la contaminación ambiental ocasionada por combustibles y plomo y se dictaron otras disposiciones sobre la materia.

2. CONSIDERACIONES GENERALES DEL ESTUDIO

Existen algunas consideraciones que nos impulsaron a realizar esta investigación, entre otras está el hecho de que en la prueba de opacidad realizada a cada vehículo básicamente lo que se busca es medir su nivel promedio de opacidad al momento de entrar al país, si la prueba presenta niveles de opacidad menores o iguales a la Norma actual de emisión correspondiente, el vehículo es certificado como "Aprobado", lo que significa que ha pasado la prueba satisfactoriamente, y entrará al país sin ninguna dificultad legal; por otro lado, si el vehículo no pasa la prueba de

opacidad, es calificado como "Rechazado", con lo cual, el propietario de dicho vehículo deberá hacerle las correspondientes reparaciones mecánicas y/o ajustes necesarios, para llevarlo nuevamente a pasar la prueba; mientras el vehículo no obtenga la certificación de "Aprobado", no podrá ingresar oficialmente a nuestro país.

Una vez que el vehículo a ingresado por aduana a Panamá y recibe la certificación de "APROBADO" en la prueba de emisiones, pasa entonces a recorrer libremente nuestras calles, formando parte del parque vehicular nacional. Pero que sucederá con los niveles de opacidad de los vehículos algún tiempo después de haber obtenido su certificado de emisiones como "Aprobado"; es ésta, la pregunta que deseamos responder.

Para responder a esta pregunta con certeza, será necesario realizar mediciones de opacidad de dichos vehículos uno ó dos años después de su entrada al país como vehículos usados; lo cual es sumamente difícil de realizar, ya que entre otras razones, estos vehículos una vez incorporados al parque vehicular nacional, se dispersan por todo el país en las diferentes actividades para las cuales fueron adquiridos. Sin embargo, existen algunas consideraciones técnicas por las cuales se puede inferir conclusiones sobre el comportamiento en el tiempo de la variable "opacidad" de los vehículos usados importados a Panamá. Entre otras, existen las siguientes consideraciones:

- Todo vehículo usado posee un nivel de desgaste en el motor, el cual es muy difícil de evaluar con precisión, con una simple inspección visual a la hora de su compra en el extranjero.
- En la mayoría de los casos, el mantenimiento que se le da a estos vehículos en el país de origen es desconocido.
- Cuando los vehículos han pertenecido a compañías con grandes flotas, es más probable que se les haya dado un mantenimiento adecuado a los mismos, sin embargo al ser adquiridos en nuestro país por propietarios individuales para trabajos de subsistencia, el mantenimiento esperado por dichos vehículos es incierto.
- Los vehículos de trabajo provenientes de Estados Unidos, muy probablemente circulan por carreteras y autopistas de flujo rápido con poco congestionamiento vehicular, mientras que en nuestro país, circularán la mayor parte del tiempo por carreteras cortas y congestionadas, lo cual propicia el calentamiento y desgaste de los mismos, con el correspondiente aumento de emisiones de combustión.
- Prácticas inadecuadas de trabajo en Panamá:
 - Someter el vehículo a cargas por arriba de los límites establecidos por el fabricante.
 - Abrir la bomba de inyección para obtener mayor velocidad, con sacrificio del rendimiento y exceso de humos negros.
 - Manejo inadecuado y desordenado.

Basados en estos criterios se puede esperar que un vehículo que presente niveles de opacidad entre 50 y 80 unidades Hartridge al entrar al país, luego de someterse a las condiciones indicadas anteriormente, presentará niveles de opacidad superiores a las normas de emisión establecidas actualmente en Panamá.

3. DISEÑO DEL ESTUDIO

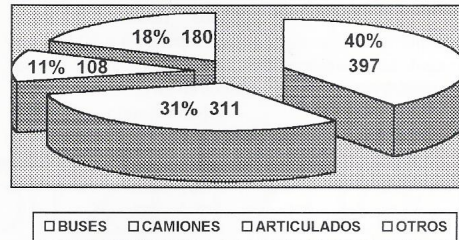
Para la realización de este estudio se analizaron los datos del total de vehículos diesel nuevos y usados que presentaron la prueba de opacidad en el Centro de Investigaciones Energéticas y Ambientales (CIEA) de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá, durante el año 1998. Estos datos fueron tomados diariamente, a lo largo del año, por el personal del CIEA a todos los vehículos que ingresaban al país a través de aduana. El soporte Técnico de las Pruebas de opacidad fue el siguiente:

- EQUIPO DE PRUEBA: Opacímetro de fabricación inglesa marca Hartridge.
- MÉTODO DE PRUEBA: Aceleración Libre.
- UNIDADES DE MEDIDA: Unidades Hartridge de opacidad (UH)
- PROCEDIMIENTO: Tomar el Promedio de cuatro lecturas de opacidad, obtenidas en aceleraciones individuales desde la condición de ralentí hasta velocidad máxima de corte del gobernador.
- REGISTRO DE INFORMACIÓN: Se registraron las generales del vehículo, del propietario y los resultados de la prueba de opacidad.
- NORMAS DE EMISIÓN: Hasta el año 1999, en Panamá los valores permitidos de opacidad son de 80 UH para los vehículos diesel año modelo 1998 ó anteriores; para los vehículos año modelo 1999 ó posteriores son 60 UH para vehículos livianos y 70 UH para vehículos pesados.
- CONDICIÓN DE RECHAZO: Todo vehículo que emita niveles de opacidad superiores a la Norma correspondiente, será evaluado como "rechazado". El vehículo rechazado deberá acudir a algún centro de servicios mecánicos a recibir el mantenimiento correctivo necesario, para luego, volver a someterse nuevamente a la prueba de opacidad hasta que emita los niveles de opacidad que le permitan certificarse como "aprobado".
- POBLACIÓN ESTUDIADA: En el año 1998 se hicieron un total de 996 pruebas de opacidad en vehículos diesel, nuevos y usados, importados a Panamá; de éstos, 843 eran vehículos usados y 153 eran vehículos nuevos, año-modelo 1997, 1998 y/o 1999. Esta población estuvo compuesta por los siguientes estratos: 397 buses, 311 camiones, 108

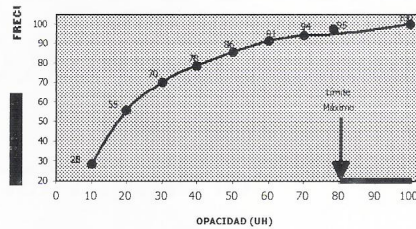
camiones articulados (Cabezales) y 180 de otros vehículos.

4. ALGUNOS RESULTADOS

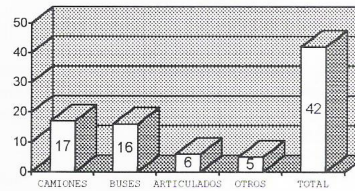
ESTRATOS EN LA MUESTRA (996 vehículos)



FRECUENCIA ACUMULADA vs OPACIDAD
(VEHÍCULOS USADOS, AÑO-MODELO 1996 ó ANTERIORES)



VEHÍCULOS DIESEL RECHAZADOS
PRUEBA DE OPACIDAD



5. CONCLUSIONES

1. En el año 1998 se hicieron un total de 996 pruebas de opacidad en vehículos diesel, nuevos y usados, importados a Panamá; de éstos, 843 eran vehículos usados y 153 eran vehículos nuevos, año-modelo 1997, 1998 y/o 1999.
2. Los vehículos usados de mayor introducción al país durante el año 1998 fueron los del año 1986 y 1987 con 104 y 135 respectivamente.
3. El 86 % de los vehículos diesel (usados) probados, presentaron niveles de opacidad menor o igual a 50 UH.

4. EL 14 % de los vehículos diesel (usados) probados presentaron niveles de opacidad mayor de 50 UH. Este grupo de vehículos se puede considerar con alto riesgo de sobrepasar los niveles de opacidad permitidos en Panamá, en un período corto de tiempo.
5. El 13 % de los buses, el 12 % de los camiones y el 18 % de los camiones articulados (mulas) probados, presentaron niveles de opacidad superiores a 50 UH, por lo cual, se encuentran en el grupo de riesgo de superar los niveles de emisión permitidos en un corto tiempo.
6. 42 vehículos no pasaron la prueba de opacidad; esto corresponde al 5 % de los vehículos usados sometidos a la prueba.
7. El total de vehículos diesel rechazados estuvo compuesto de la siguiente forma: 38 % buses, 41 % camiones, 14 % camiones articulados y 7 % otros.

BREVE EXPOSICIÓN DEL MÉTODO DE ELEMENTOS DE FRONTERA

Por: Ing. María Him de Chang

Extracto General

Pretendemos presentar una breve exposición de las bases matemáticas del método de Elementos de Frontera, así como también algunos teoremas que fundamentan el mismo.

Introducción

La inconveniencia del manejo de matrices gigantescas, la redefinición de los elementos en piezas modeladas y la necesidad de más precisión en la solución de ciertos problemas modelados con el Método de Elementos Finitos (FEM), son algunas de las razones por la cual se consideró el Método de Elementos en la Frontera (BEM) como un método alternativo a ciertas aplicaciones en ingeniería.

Cuando encontramos casos tales como piezas que necesiten modificar su diseño constantemente, el FEM se torna sumamente tedioso, mientras que en el BEM no hay la necesidad de redefinir todo el reticulado del modelo, sino sólo su redistribución superficial. Muchos autores ([1], [3]) debaten acerca de la ventaja y versatilidad del método frente al FEM. Sin embargo, la complejidad matemática del BEM le hace inatractivo al usuario, pero una vez comprendida la estructura analítica se torna una herramienta de mucha utilidad.

Fundamento Matemático del Método de Elemento de Frontera

Considerando la ecuación de Laplace en dos dimensiones:

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$