

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGON

TESIS

INGENIERA MECANICA ELECTRICA

**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL GAS NATURAL EN
LOS VEHÍCULOS DE CARGA CON MOTOR DIESEL EN LA
CIUDAD DE MÉXICO.**

**POR: ELISEO CHAVELAS ALVARADO
FELIX ARROYO REYES**

ASESOR: ING. SERGIO LOZANO CARRANZA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a dios por haberme dado unos padres como ningunos otros, que siempre me apoyaron en todo y que me animaron siempre a conseguir lo que me propusiera, como dice mi padre, "siempre tras el objetivo", y que puedo decir de la mejor mama del mundo, simplemente no hay otra igual, gracias mama.

También le agradezco a dios por mis hermanos, siempre apoyándonos unos a otros, simplemente porque somos familia y eso es muy importante.

A mis profesores de la carrera, a mi asesor por todo el apoyo y la orientación recibidos.

Y por ultimo le agradezco a mis amigos, que aunque como quiera que sean, definitivamente me enseñaron muchas cosas, entre ellas que todavía hay personas decentes en las que se puede confiar.

Atte. Eliseo Chavelas Alvarado



A MIS PADRES:

Mi agradecimiento por su apoyo incondicional y por todo el tiempo y todo lo que tuvieron que esperar para que esto se realizara, por sus palabras de aliento, recuerdo mucho esas palabras de "el querer es poder", por esas noches de desvelo y por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, y por exhortarme a no desistir.

A MI HERMANA:

Por todo su apoyo y por estar conmigo desde que éramos niños, por ayudarme en los momentos en los que necesite de su ayuda, y por ayudarme a darme cuenta que podemos ser mejores cada día, aunque existan obstáculos.

A MI HIJA Y A MI PAREJA:

Por creer incondicionalmente en mis proyectos, por sacrificar mucho tiempo en la elaboración de este trabajo, tu sabes lo que nos costo, por que durante toda la elaboración de este proyecto le piden a dios por nosotros.

A DIOS:

Por ayudarnos a realizar este trabajo tan pequeño pero tan significativo para nosotros, por darnos la fuerza para continuar y por darnos una nueva oportunidad cada día.

GRACIAS SEÑOR.

NO DEBO TENER MIEDO A PENSAR, NO DEBO TENER MIEDO A DARME CUENTA QUE TENGO ERRORES, QUE NO SOY LO QUE QUISIERA SER, QUE TAL VEZ NO HE CONSEGUIDO NADA Y NO DEBO TENER MIEDO A ACEPTARME COMO SOY, A VER EN MI LO QUE LOGRE Y CUANTO ME FALTA POR LOGRAR, SI AME O SOLO FUI AMADO, SI DI O SOLO ME DIERON, DEBO DARME CUENTA QUE TODAVIA ESTOY A TIEMPO, QUE LA JUVENTUD NO ES UNA EDAD SINO UNA FORMA DE PENSAR Y QUE EL MEJOR MOMENTO PARA EMPEZAR ES AHORA MISMO; PARA DAR LO QUE NO DI, PARA CONSEGUIR LO QUE ME FALTO Y PARA LLEGAR A DONDE NO HE LLEGADO.

Atte. Felix Arroyo Reyes



CONTENIDO

Introducción	
a. La importancia de los vehículos de carga.....	1
b. El ciclo diesel.....	2
c. El diesel.....	4
d. El gas natural como combustible alternativo.....	13
e. Necesidades actuales.....	15
Objetivos	
a. Objetivos Generales.....	34
b. Objetivos Específicos.....	34
1. Dar a conocer la Nueva Tecnología de Gas Natural Aplicada a los Vehículos de Ciclo Diesel.....	34
2. Conocer Otros Estudios Similares y Sus Resultados Así Como la Forma en que se Llevaron a Cabo y en Que Lugares se Aplicaron.....	35
I. Descripción del Funcionamiento y sus Componentes	
a. Componentes Generales de los Motores Diesel Caterpillar para Camión.....	36
b. Tecnología del Motor Diesel Caterpillar C-10.....	46
1. Ficha Técnica.....	46
2. Sistema de Inyección.....	46
3. Emisiones.....	57
c. Sistemas EGR.....	61
1. Descripción del Sistema EGR.....	61
2. Sistema PACCOLD-EGR.....	64
3. Sistema ACCOLD-EGR.....	66
d. Tecnología del Motor de Combustible Dual Caterpillar.....	68
1. Ficha Técnica.....	68
2. Sistemas de Operación de Doble Combustible.....	68
3. Rendimientos y Emisiones.....	76
II. Métodos de Prueba	
a. Normas Mexicanas de Niveles Máximos Permisibles para el Transporte Pesado.....	78
b. Ciclos de Manejo.....	108
III. Prueba Física	
a. Consideraciones.....	121
b. Toma de Mediciones.....	122
1. Motor Diesel.....	122
2. Motor de Combustible Dual Caterpillar.....	124
c. Problemas que se Presentaron Durante la Prueba.....	126
IV. Interpretación de los resultados obtenidos	
a. Comparaciones.....	129
1. Rendimiento.....	129
2. Funcionamiento.....	129
3. Mantenimiento.....	130
4. Emisiones.....	130
Conclusiones.....	138
Apéndices	
a. Apéndice 1.....	140
b. Apéndice 2.....	182
Bibliografía.....	192



INTRODUCCIÓN

A.- LA IMPORTANCIA DE LOS VEHICULOS DE CARGA

En la actualidad no podemos dejar a un lado a los vehículos de carga puesto que son una parte muy importante de la distribución de artículos, materia prima, transporte de personas, servicios de diferentes índoles, etc. Cubren una gran demanda de las necesidades actuales, pero tienen un gran inconveniente, contaminan.

Actualmente se encuentran en desarrollo un sin número de tecnologías para que este tipo de automotores no dañen el ambiente, así como también hay puesta en marcha diferentes normas que controlan la exhalación de los gases que emiten, como por ejemplo la norma EURO 3, que se aplica en Europa, o la norma US-04 para Estados Unidos.

Esto a implicado que diversas tecnologías se pongan a prueba en el mercado internacional, como por ejemplo en Europa donde se pueden encontrar autobuses con motores que funcionan con puro gas natural, o con motores eléctricos, e inclusive motores híbridos que pueden combinar motores convencionales con motores eléctricos, todo esto para reducir las emisiones contaminantes y como un efecto secundario reducir costos de operación.

A continuación se presenta un artículo de una revista especializada en el ámbito automotriz en el cual nos da a conocer un dato importante y que no debemos pasar por alto y es el aumento en el parque vehicular para el transporte pesado.

**Confirman producción superior a 70 mil camiones en 2005
Las ventas de tractocamiones en México se incrementaron 45.1% frente a 2004.**

MÉXICO, DF. 18 de enero.- La producción y ventas de vehículos industriales en México durante 2005 superaron toda expectativa de cara a las cifras que contabilizan 70 mil 233 unidades ensambladas, un 11.0% más con respecto al 2004.

La Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT), emitió las cifras definitivas para 2005 y determinó que de las cinco divisiones, la de camiones de carga registró un importante repunte con 30 mil unidades a la cabeza y 13% de crecimiento con respecto del año pasado.

A términos totales, el ensamble aumentó 11.0%, después de que durante 2004 creció 30.6%, lo cual refleja un dinamismo poco visto en la actividad industrial en nuestro país.

El sustento lo encontramos en la conjugación del crecimiento tanto de la demanda doméstica como de aquella proveniente de otros mercados, principalmente Estados Unidos, dijo ANPACT.

Por segmentos, cuatro de las cinco divisiones del sector reportan tendencia positiva, ya que los camiones de carga tuvieron un incremento de 13.0%, acercándose a las 30 mil unidades.

Los tractocamiones registraron un incremento de 4.7% acercándose a las 29 mil unidades, mientras que los chasis pasaje se aproximaron a las 10 mil unidades ensambladas, un aumento de 27.8%.

El reporte de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones destacó que el segmento de autobuses tuvo un avance de 16.2% con relación a la producción de 2004.

Y el ensamble de vehículos del auto transporte en el último mes de 2005, ascendió a 4,643 unidades.



INTRODUCCIÓN

Por cuanto hace a la venta de unidades de equipo pesado en México, el organismo señaló que el crecimiento de la demanda fue significativa, al reportar un aumento del 22.8%, debido a que los cinco segmentos de esta industria tuvieron incrementos.

En materia de venta dentro del país, la ANPACT resaltó la comercialización en México de tractocamiones con un incremento de 45.1% frente a 2004.

B.- EL CICLO DIESEL

Rudolff Diesel fue un ingeniero alemán que, a finales del siglo XIX, diseñó el ciclo que lleva su nombre y, aunque en nuestro país es más conocido como motor de gasoil de cuatro tiempos, pueden utilizarse otros combustibles como aceites ligeros de origen mineral o vegetal como el aceite de girasol.

Tiempos del motor Diesel

TIEMPO 1° Admisión. (Transformación isobárica 0-1): en este momento, el pistón se encuentra en el punto muerto superior (PMS), se abre la válvula de admisión, se inicia el descenso del pistón hacia el punto muerto inferior (PMI), entrando en el cilindro sólo comburente (aire).

TIEMPO 2° Compresión. (Transformación adiabática 1 .2): cuando el pistón llega al PMI se cierra la válvula de admisión y el pistón inicia su ascenso hasta el PMS comprimiendo considerablemente al aire. Esta compresión eleva la temperatura del aire.

TIEMPO 3 Combustión –expansión. (Transformación isobárica 2 .3 y adiabática 3 .4): cuando el pistón se encuentra próximo al PMS, por el inyector, se introduce el combustible a gran presión, produciéndose una explosión como consecuencia del calor desprendido en el roce del aire con el combustible, aumentando considerablemente la presión dentro del cilindro. En este momento se inicia la única carrera útil del ciclo haciendo que el pistón pase desde el PMS al PMI.

TIEMPO 4° Expulsión o escape. (Transformación isométrica 4-1 e isobárica 1-0): cuando el pistón llegue de nuevo al PMI se abre la válvula de escape provocando la evacuación de los gases quemados a la atmósfera. El resto de los gases son expulsados por el pistón en su ascenso al PMS. Cuando llega al PMS se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión iniciándose un nuevo ciclo con el descenso del pistón.

Ciclo termodinámico de Diesel

Transformación 0-1 y 1-0 Isobárica a presión atmosférica.

Transformación 1-2 Adiabática

Transformación 2-3 Isobárica

Transformación 3-4 Adiabática

Transformación 4-1. Isométrica

Q1= Calor generado en la combustión.

Q2= Calor cedido al ambiente o perdido.

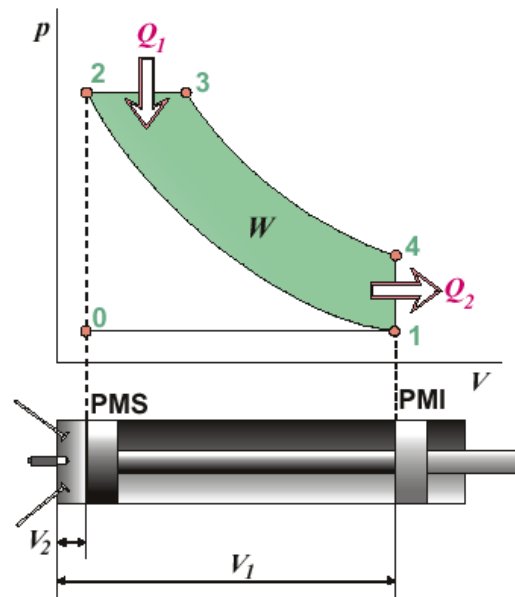


Figura 1.- Ciclo Diesel

Introducción a los motores diesel.

La función principal de un motor diesel es proporcionar potencia para impulsar otros componentes, el motor convierte la energía térmica en energía mecánica, que es potencia útil para diversos usos. Los motores diesel pueden ser utilizados para diversos usos, tales como transporte terrestre de materiales así como también de personas, además de equipos de movimientos de tierras, usos marinos así como también son usados para aplicaciones principales o como potencias auxiliares de algunos equipos más.

Los motores diesel ofrecen las siguientes ventajas con respecto a un motor de gasolina tipo automotor:

1. - ECONOMIA DE COMBUSTIBLE.

Los motores diesel tienen relaciones de compresión más altas y, por consiguiente, queman el combustible más alta y eficientemente.

2. - CONFIABILIDAD.

Los motores diesel no tienen sistema de encendido eléctrico que pueda fallar o que tenga que ser mantenido. Están contruidos con piezas para servicio pesado para soportar las altas relaciones de compresión y para funcionar por largos periodos, con interrupciones mínimas.

En los camiones de carretera, por ejemplo los motores diesel tienen una vida de servicio proyectada para muchos centenares de miles de kilómetros.

3. - POTENCIA.

Según el tamaño del motor, los motores diesel, producen generalmente más par motor y salida de potencia que los motores a gasolina.



INTRODUCCIÓN

FUNDAMENTOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR.

Los motores diesel pueden fabricarse en las siguientes configuraciones: Motores diesel de dos tiempos y motores diesel de cuatro tiempos, pero para la mayoría, los componentes y las condiciones de operación son las mismas: altas temperaturas, cargas y esfuerzos pesados y largas horas de servicio esperadas.

Para nuestro estudio nos basaremos solamente en los motores diesel de cuatro tiempos, observemos de cerca los componentes del motor que funcionan juntos para generar potencia.

La unidad básica del motor es el pistón, que se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro del cilindro. A medida que el aire se comprime dentro del cilindro, se inyecta combustible sobre la parte superior del pistón. A alta presión, el combustible se mezcla con el aire caliente y se inflama, causando la combustión. La fuerza de la combustión empuja hacia abajo el pistón y la biela, haciendo girar el cigüeñal y el volante los cuales impulsan otros componentes.

Durante el funcionamiento del motor el pistón pasa por cuatro carreras: admisión, compresión, combustión y escape. En los motores diesel el pistón tiene que moverse en cuatro tiempos para completar un ciclo completo.

ADMISIÓN: Durante la carrera de admisión, el pistón se mueve hacia abajo del cilindro aspirando el aire por la abertura de una válvula de admisión e introduciéndolo en la cámara de combustión. Nótese que algunos motores tienen más de una válvula de admisión y escape por cilindro.

COMPRESIÓN: Durante la carrera de compresión, todas las válvulas están cerradas y el pistón se mueve hacia arriba del cilindro, comprimiendo el aire. A medida que se comprimen las moléculas de aire, la temperatura del mismo aumenta considerablemente, hasta 537° C (1000° F). Cuando el pistón se acerca hacia la parte superior de su carrera. Se inyecta combustible en la cámara de combustión sobre la parte superior del pistón. El combustible se mezcla con el aire caliente comprimido, produciendo la combustión.

POTENCIA: Durante la carrera de potencia, se cierran las válvulas a medida que la fuerza de combustión empuja hacia abajo el pistón y la biela, lo que hace girar el cigüeñal. La energía térmica ha sido convertida ahora en fuerza mecánica.

ESCAPE: Durante la carrera de escape, la fuerza de inercia creada por la rotación del volante ayuda a continuar con la rotación del cigüeñal, para empujar hacia arriba el pistón otra vez dentro del cilindro, forzando la salida de los gases quemados por la(s) válvula(s) de escape abiertas. Esto completa las cuatro carreras del pistón. Estas cuatro carreras se repiten indefinidamente cuando el motor está funcionando.

C.- EL DIESEL

EL COMBUSTIBLE DIESEL

Los motores diesel pueden ser desde pequeños y alta velocidad, como los que se emplean en los camiones de carga y de pasajeros, hasta motores estacionarios de gran tamaño y baja velocidad para plantas generadoras de electricidad, por lo cual son necesarios varios grados de combustible diesel. En la ATSM D975 se definen tres grados, como se especifica en la tabla siguiente. Además, en esta tabla se menciona los requisitos para un combustible diesel de alta calidad para aplicaciones marinas, según se describen en la MIL-F-16884 G, de fecha de marzo de 1973.



Prueba	Método ASTM	Grado ASTM del combustible diesel			Especificación militar de E.U. MIL-F-16884G
		1-D	2-D	4-D	
Punto de inflamación, mín., °F	D93	100 o legal	125 o legal	130 o legal	140
Agua y sedimento, % en volumen máx.	D1796	Trazas	0.10	0.50	
Viscosidad cinemática, centistokes, 100°F	D445				
Mín.		1.3	1.9	5.5	1.8
Máx.		2.4	4.1	24.0	4.5
Residuo de carbono en 10% de residuo, % máx.	D524	0.15	0.35		0.20
Ceniza, % en peso, máx.	D482	0.01	0.01	0.10	0.005
Azufre, % en peso, máx.	D129	0.50	0.50	2.0	1.00
Calidad de encendido, número de cetano, mín.	D613	40	40	30	45
Temperatura de destilación, °F, 90% evaporado:	D86				
Mín.			540		
Máx.		550	640		

Véanse las especificaciones ASTM D975 y MIL-F-16884G para obtener los detalles completos.

Tabla 1.-Especificaciones para combustibles diesel.

Los grados ASTM para los combustibles adecuados a las diferentes clases de servicio son:

Grado 1-D: combustible destilado volátil para motores en servicio que requieren cambios frecuentes de velocidad y de carga.

Grado 2-D: combustible destilado de volatilidad mas baja para motores en servicio industrial y móvil de tipo pesado.

Grado 4-D: combustible para motores de velocidad baja y media.

Una guía adicional para la selección de combustibles es agruparlos según los siguientes tipos de servicio:

Tipo C-B: aceite combustible diesel para autobuses destinados a las ciudades y operaciones similares.

Tipo T-T: combustibles para motores diesel de camiones de carga, tractores y servicio similar.

Tipo R-R: combustibles para motores diesel de ferrocarril.

Tipo S-M: combustibles destilado pesado y residual para motores diesel estacionarios grandes y aplicaciones marinas.

Las características de combustión de los combustibles diesel se expresen en número de cetano, una medida del retraso en el encendido, es decir el periodo entre la inyección y el encendido, para que el motor funcione de manera suave. Algunos combustibles diesel contienen algunos compuestos para mejorar el cetano, que por lo general son nitratos de alquilo. El número de cetano se determina con la aplicación de una prueba en motor (ASTM D613) o puede calcularse un valor aproximado, denominado "índice de cetano" (ASTM D976), para combustibles sin los compuestos para mejorar el cetano.

La lista de aditivos utilizados en los combustibles diesel ha aumentado en los últimos años debido al uso cada vez mas frecuente de combustibles obtenidos por craqueo, en ves de destilados directos exclusivamente. Además de estos compuestos para mejorar el cetano, la lista incluye antioxidantes, inhibidores de la corrosión y dispersantes. La adición de estos últimos es para evitar la aglomeración de goma o depósitos de lodos, de manera que dichos depósitos puedan pasar por los filtros, los inyectores y las partes del motor sin atascarlos.

La calidad del combustible puede afectar significativamente el rendimiento y mantenimiento de cualquier motor diesel. Es importante entender las propiedades básicas de los combustibles para poder juzgar la



calidad de los mismos. Las siguientes propiedades influyen en la operación de un motor diesel y su sistema de manejo y tratamiento del combustible.

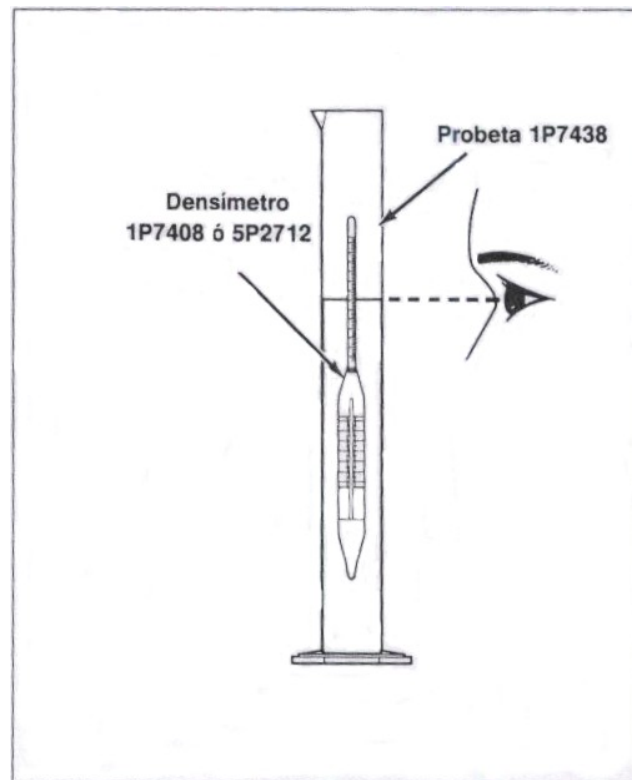
Densidad Específica.

La densidad específica del combustible diesel es el peso de un cierto volumen de combustible comparado con el peso del mismo volumen de agua a la misma temperatura. Cuanto más alta sea la densidad, más pesado será el combustible. Los combustibles más pesados producen más energía o potencia (por volumen) del motor.

La densidad específica puede medirse con un densímetro especial de combustible. La lectura del densímetro es una escala del Instituto Americano del Petróleo (API). La escala es la inversa de la densidad. Es decir, cuanto mayor sea el número API, más ligero será el combustible. Para la mayoría de los motores diesel Caterpillar un número API de 35 sería óptimo. Los combustibles más ligeros como el queroseno, pueden tener un número API entre 40 y 44.

El densímetro flota en el combustible. Se puede observar el punto en el que el nivel del líquido interfecta la escala del densímetro, y ésta es la densidad medida en grados API.

La lectura del densímetro la afecta la temperatura del combustible por lo que se utiliza siempre una tabla de correcciones incluida en el instrumento para compensar la temperatura real del combustible.



Probeta 1P7438, Termodensímetro 1P7408 (29 a 41° API),
Termodensímetro 5P2712 (39 a 51° API).

Figura 2.- Densímetro con grados API

Los combustible ligeros, como el queroseno, no producirán potencia de régimen (las hojas de especificaciones normalmente indican las características nominales al utilizarse combustibles de 35°



INTRODUCCIÓN

API a 29° C [85° F], pesando 7.001 libras por galón y teniendo 18,390 BTU por libra. El mismo combustible de 35° API pesa 7.076 libras por galón a 15° C [60° F]).

Los parámetros de un combustible de motor no deben ajustarse para compensar las pérdidas de energía debidas a combustibles más ligeros (con un número mayor de 35° API). La vida útil de los componentes del sistema de combustible puede disminuir con combustibles muy ligeros, ya que la lubricación será menos efectiva (debido a la baja viscosidad).

Un combustible pesado tiende a formar más depósitos en la cámara de combustión, que pueden producir un desgaste anormal en las camisas de cilindro y en los anillos. Este problema se torna más perceptible en los motores pequeños de alta velocidad.

DENSIDADES Y MASAS ESPECIFICAS DEL COMBUSTIBLE		
Densidad		Masas Especificas
Densidad API a 15°C (60°F)	Densidad a 15°C (60°F)	Libras por galón
25	0.9042	7,529
26	0.8984	7,481
27	0.8927	7,434
28	0.8871	7,387
29	0.8816	7,341
30	0.8762	7,296
31	0.8708	7,251
32	0.8654	7,206
33	0.8602	7,163
34	0.8550	7,119
35	0.8498	7,076
36	0.8448	7,034
37	0.8398	6,993
38	0.8348	6,951
39	0.8299	6,910
40	0.8251	6,870
41	0.8203	6,830
42	0.8155	6,790
43	0.8109	6,752
44	0.8063	6,713
45	0.8017	6,675
46	0.7972	6,637
47	0.7927	6,600
48	0.7883	6,563
49	0.7839	6,526

Tabla 2.- Densidades y Masas Especificas del Combustible

Viscosidad.

La viscosidad es una medida de la resistencia del líquido a fluir. Una viscosidad alta significa que el combustible es espeso y no fluye con facilidad. Los combustibles con una viscosidad inadecuada pueden causar averías al motor. Caterpillar recomienda una viscosidad comprendida entre 1.4 y 20 centistokes al llegar a la bomba de combustible. Los motores con bombas de inyección individuales



pueden experimentar un aumento de 20° C (68° F) entre la bomba de transferencia y las bombas de inyección.

Punto de Enturbamiento.

El punto de enturbamiento de un combustible es la temperatura en que se enturbia el combustible. Este aspecto es causado por la caída de temperatura por debajo del punto de fusión de la cera o parafina que contienen naturalmente los productos derivados del petróleo.

Punto de Fluidez.

El punto de fluidez de un combustible es aquella temperatura que es 3° C (5° F) mayor que la temperatura a la que el combustible deja de fluir o se solidifica. Normalmente, el punto de fluidez lo determina también el contenido de cera o parafina del combustible.

Curva de Destilación Atmosférica.

El petróleo crudo se subdivide generalmente en productos de diferentes temperaturas de ebullición por medio de un proceso de destilación. Los combustibles líquidos derivados del petróleo constituyen ejemplos de algunos de los productos de este proceso. El proceso da comienzo cuando se calienta el petróleo crudo en una caldera grande. Al aumentar la temperatura, el petróleo crudo pasa del estado líquido al estado gaseoso y se eleva por una columna colocada sobre la caldera. Productos como la gasolina, el queroseno y el combustible diesel se vuelven a enfriar y licuar a diferentes alturas de la columna enfriando el gas (condensación). Estos combustibles se recogen en este punto y se vacían. Cada uno de estos combustibles está constituido por hidrocarburos de diferentes tamaños, y por medio de una destilación cuidadosa pueden separarse aun más. Esto se hace en el laboratorio con pequeñas muestras que indican el porcentaje de gasolina, combustible diesel y otros materiales más pesados que se encuentran en el producto final.

Esto se denomina curva de destilación. Determina las características de combustión del combustible, y da una indicación de la capacidad del combustible para arrancar el motor, de la energía, las emisiones, la economía del combustible y la formación de depósitos.

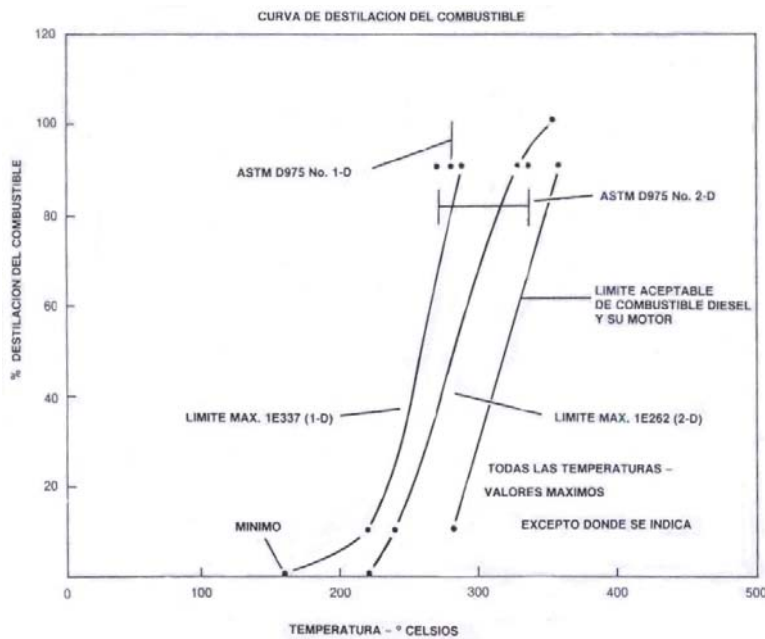


Figura 3.- Curva de Destilación del Combustible



Los combustibles destilados que satisfacen las especificaciones de Caterpillar son los combustibles preferidos para los motores diesel Caterpillar, y son más caros. La experiencia ha demostrado que los combustibles destilados que satisfacen las especificaciones básicas proporcionan un rendimiento y vida útil máximas del motor.

Tabla de límites aceptables

Tabla de combustibles destilados		
		Especificaciones de combustible preferido por Caterpillar (Según se suministra al sistema de combustible)
Aromáticos, % (ASTM D1319)	Máx.	35%
Ceniza, % del peso (ASTM D482)	Máx.	0,02%
Residuos de carbón en fondos de 10%, % (ASTM D524)	Máx.	1,05
Número cetano (ASTM D613)	Mín.	35 CP/40 ID
Punto de enturbiamiento, °C (°F) (ASTM D97)	Máx.	No superior a la temperatura ambiente
Corrosión de la banda de cobre (ASTM D130)	Máx.	N3
Destilación – 10% °C (°F) – 90% °C (°F) (ASTM D86, D158 ó D285)	Máx.	282°C (540°F)
	Máx.	360°C (680°F)
Temperatura de inflamación, °C (°F) (ASTM D93)	Mín.	Legal
Densidad API (ASTM D287)	Mín.	30°
	Máx.	45°
Punto de fluidez, °C (°F) (ASTM D97)	Mín.	6 (10) Por debajo de la temperatura ambiente
Azúfre, % total, peso (ASTM D2788 ó D3605 ó D1552)	Máx.	0,5% Máx - Vea la página 14 para ajustar el NBT del aceite del motor
Viscosidad cinemática, cSt (ASTM D445)	Máx.	20,0
	Mín.	1,4
Agua y sedimento, % del volumen (ASTM D1796)	Máx.	0,1
Agua, % del volumen	Máx.	0,1
Sedimento, % del peso	Máx.	0,05

Tabla 3.- Especificaciones límites aceptables de combustible para Caterpillar



INTRODUCCIÓN

Normas del Combustible

Los combustibles que se recomiendan para usar con los motores diesel Caterpillar son el diesel No 2-D y el fuel oil No. 2, aunque los combustibles de grado No. 1 son también aceptables. La lista de las normas mundiales que satisfacen los requisitos de Caterpillar es la siguiente.

Normas del Combustible Reconocidas Mundialmente ¹		
Norma	Nombre	Descripción
American	ASTM D975	Fueloils diésel No. 1-D y No. 2-D
	ASTM D396	Fueloils No. 1 y No. 2
	ASTM D2880	Combustibles No. 1-GT y No. 2-GT para turbinas de gas
Gran Bretaña	BS 2869	Combustibles para motor tipo A1, A2 y B1
	BS 2869	Combustibles para hornos tipo C2 y D
Alemania	DIN 51601	Combustible diésel
	DIN 51603	Aceite para calefacción E1
Australia	AS 3570	Combustible diésel para automóvil
El Japón	JIS K2204	Gasóleo tipo 1 (spl), 1, 2, 3, y 3 (spl)
Gobierno de E.U.A.	W-F-800C	Combustible diésel DF-1, DF-2 Conus y DF-20 Conus
	W-F-815C	Fueloil para hornos FS-1 y FS-2
Del ejército de E.U.A.	MIL-L-16884G	Aceite marino

¹ Estas normas del combustible son generalmente aceptables, pero están sujetas a cambios. Como guía, debe usar la tabla de combustibles destilados para saber los límites aceptables de cualquier combustible que se incluya o no en esta tabla.

Tabla 4.- Normas de combustibles reconocidas mundialmente

DIESEL DE CARGA PESADA CONVENCIONAL

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los camiones diesel convencionales producen cantidades significativas de emisiones contaminantes - especialmente partículas materia (PM) y óxidos de nitrógeno (NOx) - que causan un deterioro de la calidad del aire. En los típicos camiones actuales estas emisiones son controladas primeramente a través de mejoras al motor básico, en vez de por medio del uso de dispositivos de post tratamiento (otros que no sean catalizadores de oxidación diesel en aplicaciones limitadas). Estas técnicas de control están generalmente limitadas por un equilibrio de NOx y PM, donde las estrategias para reducir un contaminante van a causar un incremento del otro.

La formación de NOx depende directamente de la temperatura. El aumento de las temperaturas de combustión trae como consecuencia un aumento de NOx. Por ende, el control de NOx en un motor, se logra al reducir las temperaturas máximas de combustión y la duración de estas altas temperaturas en la cámara de combustión. El PM, por otro lado, es principalmente el resultado de la combustión incompleta de combustible diesel. Las tecnologías de control para reducir PM generalmente se enfocan en mejorar la combustión del combustible, lo que trae como resultado temperaturas de combustión y



NOx mayores. Algunas estrategias usadas actualmente para controlar las emisiones diesel de NOx y PM incluyen turbo alimentador, refrigeración complementaria, cambios del diseño de la cámara de combustión, retardamiento de la sincronización de inyección, e inyección de combustible a alta presión.

POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Los EE UU y la Unión Europea están introduciendo sucesivamente más estrictos estándares de emisiones para motores usados en vehículos de carga pesada. La tabla siguiente muestra los estándares respecto de los contaminantes más importantes, NOx y PM, para el calendario hasta el 2010. Todas las pruebas se efectúan con el uso de un dinamómetro de motor.

Debiera observarse que debido a que las condiciones bajo las cuales estos estándares deben cumplirse (procedimiento de prueba) difieren en los EE UU y la UE, los valores abajo dado sólo proveen una impresión general de las exigencias legales, no una comparación exacta y directa.

Año	ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOX) G/KWH (G/BHP-HR)		PARTICULAS MATERIA G/KWH (G/BHP-HR) (PM)	
	Estados Unidos	Unión Europea	Estados Unidos	Unión Europea
1996 (EUROII)		7,0 (5,3)		0,15 (0,11)
1998 (US 98)	5,3 (4,0)		0,07 (0,05)**	
2000 (EUROIII)		5,0 ^ (3,8)	^	^0,1 (0,075)
2004 (US 04)***	3,3 (2,5)*		0,07 (0,05)**	
^2005 (EURO IV)	^	^3,5 (2,9)		0,02 (0,015)
^2007 - 10 (US 07 - 10)	0,27 (0,20)		^0,013 (0,01)	
2008 (EURO V)		2,0		0,02
2003 (EUROV)		2,0 (1,5)	^	^0,02 (0,015)

*incluyendo 0,67 (0,5) hidrocarburos no metanos (NMHC) - Los fabricantes tienen la flexibilidad de certificar sus motores a una o dos opciones, siendo la alternativa un límite combinado de 3,2 (2,4) NOx+NMHC
** Estándar PM en uso 0,09 (0,07).
*** Como parte de un acuerdo con el gobierno de EEUU, la mayoría de los fabricantes diesel cumplirá con estos estándares en octubre de 2002

Tabla 5.- Normas actuales y próximas a establecerse para las emisiones de NOx y PM en Europa y Estados Unidos

Brasil y Argentina han introducido estándares EURO II como estándares referenciales (con leves modificaciones) a partir de 1998 y Chile está considerando introducir azufre 50-ppm en el combustible diesel y estándares Euro III el 2004. Como parte de un paquete general de medidas, Chile ha concluido



INTRODUCCIÓN

que estas medidas costarán US \$ 127 millones por año, pero tendrán beneficios de US \$ 260 millones por año.

Actualmente, casi todos los HDVs usados y producidos son propulsados a diesel.

TECNOLOGÍA DIESEL ACTUAL

El turboalimentador reduce tanto las emisiones NOx como las de PM en cerca de un 33%, comparado con un motor naturalmente aspirado. El turboalimentador eleva la presión (y temperatura) del aire que entra al motor. Esto permite que más combustible se agregue para incrementar la potencia de salida y, al mismo tiempo, se inhibe la formación de PM. La potencia para manejar el turboalimentador se extrae del flujo de escape del motor. En otras palabras, el turboalimentador aumenta la potencia y la eficiencia de un motor, lo que se puede traducir en menores emisiones.

La refrigeración complementaria del aire turboalimentado provoca reducciones aún mayores de NOx y PM al bajar la temperatura del aire cargado después de que éste ha sido calentado por el turboalimentador durante la compresión. El aire frío es más denso que el aire caliente y, en consecuencia, esta aproximación complementa el turboalimentador al mejorar aún más el llenado del cilindro.

El diseño de la cámara de combustión incluye modificaciones a la forma de la cámara, ubicación del espiral de la inyección, volúmenes de fisura, y relaciones de compresión. Estos cambios pueden tener como consecuencia reducciones considerables de NOx y PM al cambiar las condiciones que ocurren durante la combustión de combustible.

El retardo en la sincronización de inyección se usa para reducir la temperatura máxima de flama y, por ende, las emisiones de NOx. Sin embargo, el retardo típicamente baja la eficiencia, causando mayor consumo de combustible y más emisiones de PM. La inyección de combustible a alta presión puede recuperar algo de la pérdida de eficiencia al mejorar la atomización del spray de combustible y utilización de aire, lo que provoca una combustión más completa.

Un detallado análisis de estas tecnologías se puede hallar en el documento "Air Pollution from Motor Vehicles - Standards and Technologies for Controlling Emissions", Asif Faiz, Christopher S. Weaver, Michael P. Walsh, 1996, 266 páginas.

En la década de los 90s, los fabricantes introdujeron catalizadores de oxidación en algunos de sus motores de camión y la mayoría de los motores de buses de ciudad para reducir las emisiones de PM. Los catalizadores de oxidación de flujo a través efectivamente oxidan los hidrocarburos gaseosos, además de la fracción orgánica soluble de PM. Un programa reciente de prueba mostró que los catalizadores de oxidación reducían las emisiones FTP transitorias de MP en 23% hasta un 29% y los hidrocarburos en 52% hasta un 88%, usando un combustible típico de D2 (368 partes por millón de azufre). Probando con un diesel de azufre bajo (54 partes por millón de azufre) produjo una reducción adicional de un 13% de PM. Los 1990s fueron también el período cuando el motor diesel evolucionó a la era electrónica.

El desarrollo y mejoramiento de las tecnologías de control de emisiones que se esbozaron más arriba fueron inducidos por los más estrictos estándares de emisiones impuestos en Norteamérica, Europa y Japón. Ellos llevaron a una reducción de las emisiones contaminantes tóxicas provenientes de los vehículos en las últimas décadas. Esta tendencia continúa en muchas partes del mundo siendo los estándares de emisiones cada vez más estrictos. La Diesel Net menciona tales estándares para los EE UU, Europa, Japón y Latinoamérica, además de otros ciertos países. Estos estándares esencialmente reflejan el potencial de reducción de emisiones a lograrse por las tecnologías de control de emisiones en los vehículos de carga pesada y de carga liviana.

Como se observó anteriormente, los fabricantes de motores los diseñan con una variedad de factores en mente, incluyendo costos, rendimientos, economía de combustible y emisiones, entre otros.



INTRODUCCIÓN

Diferentes motores, por lo tanto, mientras cumplan con los mismos estándares de emisiones (por ejemplo, Euro II) pueden utilizar combinaciones muy diferentes de las medidas arriba mencionadas para llegar al nicho de mercado de cada motor. Diferentes fabricantes pueden también emplear filosofías fundamentalmente diferentes, creyendo, por ejemplo, que ellos tienen una ventaja competitiva con una tecnología versus otra. En consecuencia, al considerar la discusión de arriba, lo importante del mensaje es que existen varias tecnologías que han surgido y han sido usadas por los fabricantes para cumplir con las normas de emisiones del mercado donde el motor se ha vendido o se venderá.

CONFIABILIDAD TÉCNICA

Los vehículos diesel en general se consideran muy confiables, especialmente en comparación con tecnologías más recientes que emplean trenes de potencia alternativos. Los motores diesel llevan ya una larga evolución de desarrollo continuo.

CONSIDERACIONES DE COSTO

Hasta ahora, los estándares de emisiones de vehículos pesados podían cumplirse a través de modificaciones del motor, y no se ha requerido de post tratamiento de escape— y esto no ha llevado a aumentos de costos significativos. Para estimaciones de costos de tecnologías de control de emisiones de motor, ver las secciones bus convencional y bus diesel avanzado.

EXPERIENCIAS Y PENETRACIÓN DE MERCADO

Vehículos que cumplan estándares pasados y actuales en EE UU y la Unión Europea están ampliamente disponibles en todo el mundo y son altamente confiables.

DESAFÍOS

La tecnología diesel es confiable y durable. Es importante asegurarse que ella reciba los lubricantes y combustibles apropiados y la necesaria manutención.

D.- EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

El Gas Natural (GN) es un combustible alterno y que al igual que el Petróleo, es el resultado de una serie de procesos químicos que se ven reflejados en la degradación de la materia orgánica proveniente de animales y vegetales muertos, la cual ha sufrido la acción de bacterias, elevadas temperaturas y presiones durante millones de años, al sentarse las capas de sedimentos que la contienen.

El GN es un combustible fósil, incoloro, inodoro, principalmente compuesto por metano, se extrae de los pozos en los que se perforan las cavernas petrolíferas donde se encuentra en forma asociada con el petróleo crudo o de forma independiente. Debido a que es un hidrocarburo muy sencillo – símbolo químico CH₄ –, sus derivados de combustión son el bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, que resultan totalmente inofensivos al ser humano. El gas natural es más ligero que el aire y cuando se libera tiende a dispersarse de forma rápida.

El gas natural en su forma comprimida es un hidrocarburo limpio para ser usado en vehículos automotores y que además tiene aplicaciones domésticas, comerciales e industriales, así como reduce en gran cantidad las emisiones contaminantes en los procesos de combustión.

Nuestro país es rico en reservas de gas natural, las cuales se estiman en cerca de 62 billones de m³ comprobados, listos para ser extraídos y conducidos por los gasoductos a las grandes ciudades y corredores industriales.

Composición química



Sus principales componentes son: metano (CH₄) 90-95% y Nitrógeno (N₂) 1-3%.
Es un combustible particularmente calorífico y su poder calorífico es de 9 a 12 kca/m³.

Características

Permanece en estado gaseoso cuando las condiciones del yacimiento o del medio se encuentran a temperatura y presión normales.

El GN puede ser encontrado como un gas no asociado.- Es un gas libre que no ha estado en contacto con cantidades significativas de petróleo crudo en sus yacimientos.

El GN puede ser encontrado como un gas asociado.- Es decir es un gas libre pero en contacto con petróleo crudo en su yacimiento.

El GN puede ser encontrado como un gas disuelto.- Es un gas que está disuelto con petróleo crudo en su yacimiento.

Punto de Ebullición

Metano: -163° C

Hidrógeno: -252.7° C

Peso Específico

La densidad del metano (CH₄) es de 0.554 gramos.

Llevado a temperatura de saturación el GN pasa a líquido y su volumen es reducido 600 veces a presión normal.

Al aumentar la temperatura de un gas este se expande aumentando su volumen y disminuyendo su densidad, por el contrario al disminuir la temperatura del gas, este se contrae disminuyendo su volumen y aumentando su densidad.

Usos

Los usos a los que actualmente se destina el GN abarcan una amplia gama de actividades que van desde la industria petroquímica (como materia prima en la producción de amoníaco y metanol), hasta diversos usos domésticos (para cocinar, calefacción y sistemas de aire acondicionado). En este aspecto se limita a las grandes unidades habitacionales, solamente en el área metropolitana de la ciudad de México alrededor de 135 mil familias utilizan este energético. Como combustible en la industria pesada (acero, química, cemento, vidrio, papel); en el transporte y de manera muy importante, en la generación de energía eléctrica.

Ventajas

Para la industria y los consumidores de GN, el hecho de que el gas no requiere de un espacio especial para almacenarlo y de que puede ser utilizado de manera segura y sin interrupción con solo abrir la válvula constituye una gran ventaja

- Sin gasto de mantenimiento en equipo mecánico de combustión.
 - Eficiencia en energía utilizable.
 - Libre de emisiones de cenizas, humo y azufre.
 - Históricamente más económico que diesel o gasolina.
 - Ambientalmente reduce hasta en un 85% los hidrocarburos (HC), 36% óxidos de nitrógeno (NOX) y 71% monóxido de carbono (CO).
 - No requiere almacenamiento en pipas o cilindros, se distribuye por ductos.
 - Medidas de Seguridad
 - Su baja densidad evita acumulación, minimizando riesgos.
 - Más seguro que otros energéticos.
-



- Por ser más ligero que el aire, se disipa rápidamente en la atmósfera.

Tecnología del GN

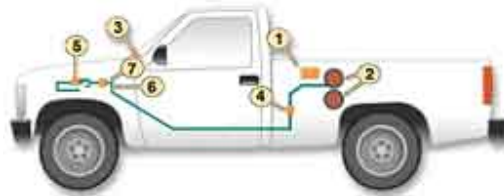


Figura 4.- Diagrama de montaje de tecnología GN

1. El GN es alimentado al vehículo a través de la válvula de llenado.
2. El GN es almacenado en los tanques de alta presión del vehículo.
3. Si el vehículo es bi-fuel se coloca un selector en el tablero que permite al conductor seleccionar entre GN y gasolina.
4. Cuando el conductor selecciona GN, el combustible sale del cilindro y pasa a través de la tubería de alta presión.
5. El gas entra a un regulador, el cual reduce la presión de 200 o 250 bar a una presión más baja, dependiendo del vehículo y la tecnología utilizada.
6. Una válvula solenoide permite el paso del GNV del regulador al mezclador de gases. Esta misma válvula detiene el flujo del GN al motor cuando el conductor selecciona gasolina.
7. El GN mezclado con aire fluye a través del carburador o del sistema " fuel injection " y entra a la cámara de combustión.

E.- NECESIDADES ACTUALES

En México existen muchas necesidades de soluciones a infinidad de problemas, de las cuales se pueden escribir libros completos, para citarlas pero en nuestro estudio daremos principal énfasis a la contaminación ambiental que se generan en el distrito federal, pues siendo un lugar densamente poblado, y siendo la entidad económica mas importante del país, existen deficiencias en la plena comprensión del problema, para solucionarlo y para abordarlo, como principio explicaremos un poco de lo que es la contaminación por la acción de la industria y por su principal causa, los vehículos automotores, además de algunos otros factores secundarios pero importantes a la vez.

La contaminación en el valle de México es un asunto grave, para sus habitantes puesto que el resultado de estar bajo ella acarrea múltiples complicaciones en la salud del ser humano como enfermedades respiratorias terminales y crónicas, además de otras consecuencias graves y degenerativas como la acción del plomo en la sangre y la grave exposición al azufre que sufrimos diariamente los que aquí vivimos, además de la exposición a respirar las partículas finas que diariamente desprenden los vehículos de motores diesel en especial que por su mal mantenimiento o por su avanzado estado de desgaste ellos desprenden, se han hecho programas para combatir estos sucesos por parte de el gobierno de la ciudad pero a pesar de las restricciones impuestas a los vehículos contaminantes, el problema es cada vez mas evidente y con sus costosos resultados para nuestra salud y para la de nuestros hijos y demás generaciones futuras, pero es importante hacer notar que el fracaso de estos programas, no es quizá su concepción misma sino que este fracaso es resultado de la grave corrupción que su sistema de control genera, es pues una tarea muy difícil para todos los sectores gubernamentales que participan en ella. Se han hecho diversos programas de mejoras a los recursos con los que se dispone tales como mejoramientos a los combustibles, programas de verificación vehicular en el ámbito local y federal, graves multas a las industrias contaminantes y algunos programas gubernamentales de introducción de nuevas tecnologías a los vehículos gubernamentales



INTRODUCCIÓN

como es el caso del programa del que en este trabajo hablaremos que es un programa de introducción de 500 camiones recolectores de basura de la marca Freightliner que son exportados de estados unidos de norte América y que fueron adquiridos por la SEMARNAP, para después ser entregados al gobierno de distrito federal, estos vehículos, tienen un motor de la marca caterpillar el cual funciona a base de consumo de combustible dual gas-diesel y al realizar diversos estudios demuestra que su eficiencia y sus bajos niveles de contaminación, que es el vehículo mas rentable en potencia y economía para las necesidades de una gran metrópoli como la nuestra con grandes deficiencias en este rubro, por ahora en este capitulo no entraremos en detalles acerca de la tecnología que estos vehículos manejan, pero se hará énfasis a que esta tecnología, no solo es probada aquí en México sino que ya funciona en varias ciudades de los EUA y algunas de Europa, dado que a pesar de ser un vehículo con una contaminación mínima aprovecha un recurso poco explotado en nuestro país, el gas natural comprimido, este recurso se encuentra en manera abundante en nuestros yacimientos petroleros y no necesita gran refinación como es el caso de la gasolina o el diesel.

A continuación hablaremos de los contaminantes más comunes en nuestra ciudad su concentración y efecto en la población:

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE

Pueden distinguirse dos tipos de contaminantes: los primarios y los secundarios. Los primarios son los que se emiten como resultado de un proceso (fábrica, motor de combustión, etc.), y los secundarios (como el NPA) los que resultan en las reacciones atmosféricas.

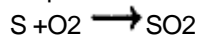
Prestaremos especial atención a los primarios, ya que su eliminación previene la formación de los secundarios. Así, los principales contaminantes atmosféricos son:

1) Óxidos de azufre; 2) óxidos de nitrógeno; 3) óxidos de carbono; 4) hidrocarburos; 5) plomo; 6) ozono; 7) partículas.

A continuación expondremos más detalles de cada uno de ellos y en los cuadros presentaremos información relativa a nuestro país.

Óxidos de azufre

Se producen cuando el azufre elemental o sus compuestos se queman en el aire.

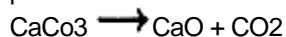


Parte del SO₂ proviene de erupciones volcánicas (originalmente como H₂S), así como de la acción de bacterias sobre la materia orgánica.

La otra parte es atribuible al hombre, por las siguientes acciones, entre otras: a) quemar carbón de coque con alto contenido de azufre; b) extraer metales de sulfuros; c) quemar combustibles sin reformar (diesel y combustóleo); y d) fabricar ácido sulfúrico.

Estudios recientes realizados en el DF., demuestran que el PH₈ de toda el agua de lluvia es menor que 5.5 (valor menor al de una atmósfera limpia), de ahí que debido a la contaminación, en lugar de agua, sobre nuestra ciudad "llueve ácido".

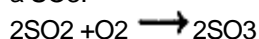
Los medios químicos son los más eficientes para eliminar el SO₂. Puede quemarse la piedra caliza para obtener óxido de calcio.



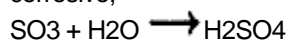
Y usarlo para eliminar SO₂, mediante la reacción:



El SO₂ tiene un tiempo corto de residencia en la atmósfera. En presencia de oxígeno y de luz se oxida a SO₃:



El trióxido también es peligroso, pues reacciona con el agua para dar ácido sulfúrico, sumamente corrosivo,



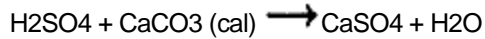
Con la lluvia, el SO₂ y el SO₃ son "lavados" de la atmósfera y se vierten sobre ríos y mares en forma de ácidos:



INTRODUCCIÓN

H₂SO₃ > y H₂SO₄

Con ello, la acidez aumenta, la vida acuática se daña, se provocan corrosión y deslaves. Con esta "lluvia ácida" se dañan incluso las construcciones, debido a la reacción



Legislación Mexicana:

Con el propósito de hacer congruentes todas las disposiciones legales que rigen la materia ecológica, el 28 de enero de 1988 se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En esta nueva ley, que entró en vigor en 1 de marzo del mismo año, se reconoce que un desarrollo sostenido y ambientalmente sano sólo puede lograrse con la intervención de todos los niveles del gobierno, y que la prevención es el medio más eficaz para preservar el equilibrio de los ecosistemas.

Título primero: Señalar el carácter reglamentario de la ley respecto a las disposiciones constitucionales, se precisa el objeto de la misma, así como sus conceptos fundamentales. Define el sistema de concurrencia entre los tres niveles de gobierno y dispone la descentralización, a las entidades federativas y a los municipios, de las diversas facultades en materia de contaminación, áreas rurales protegidas, ambiental y ordenamiento ecológico, delimitando sus ámbitos de competencia. Precisa las atribuciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la coordinación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Establece los principios de la política ecológica, precisa los instrumentos que deberán aplicarse para su ejecución, como son la planeación y regulación de los asentamientos humanos, el ordenamiento y la evolución del impacto ambiental, las normas técnicas y la investigación y educación ecológicas.

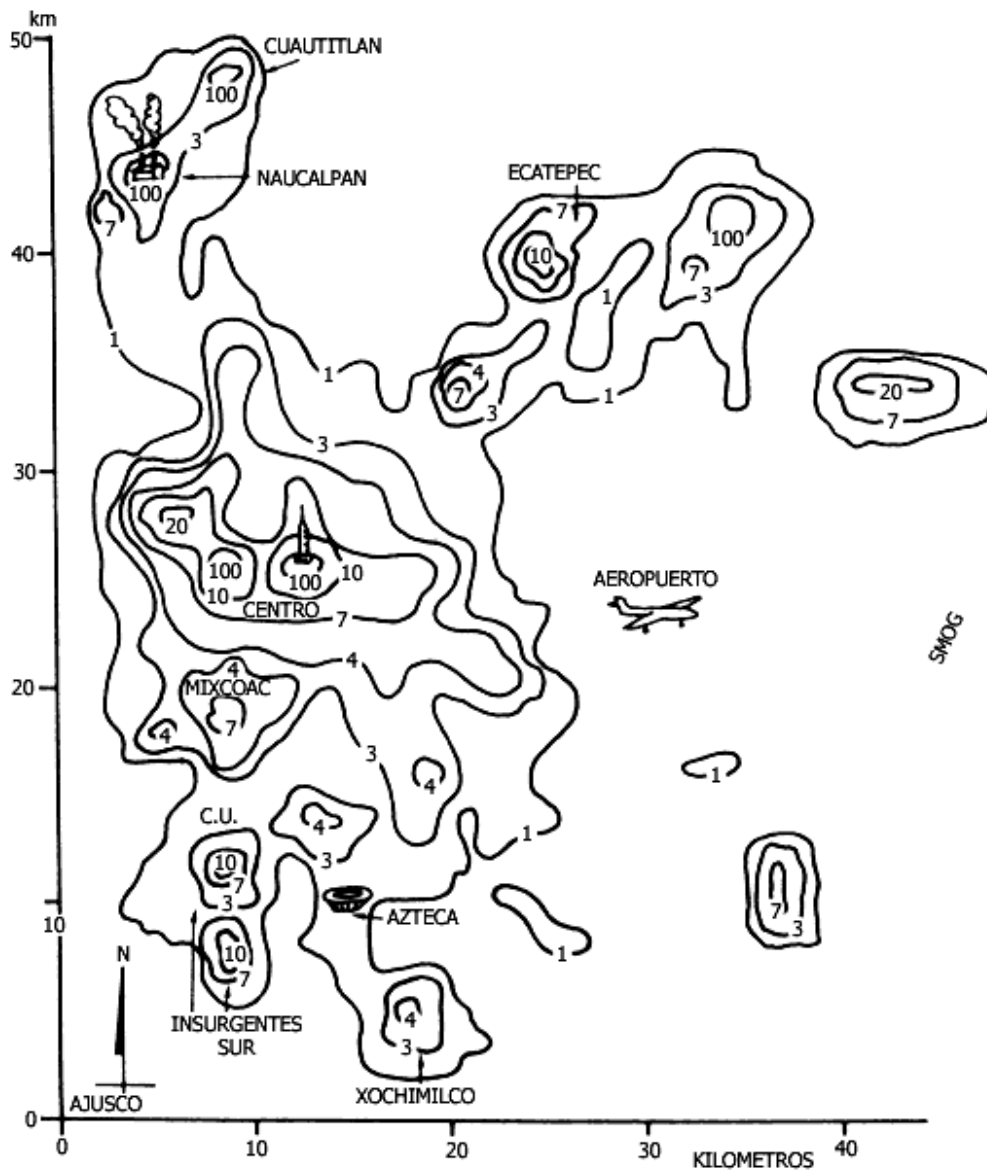
Título segundo: Señala las áreas naturales del territorio podrán ser materia de protección, mediante la imposición de limitaciones para su uso y aprovechamiento racionales. Precisa las normas a las que se sujetará su establecimiento, conservación, administración, desarrollo y vigilancia. Prevé que, para su desarrollo, se observe lo dispuesto por otros ordenamientos legales aplicables y se otorgue la participación que corresponda a las dependencias del Ejecutivo Federal y a las comunidades que las habiten. Dentro de las áreas naturales protegidas, considera las que tienen como propósito la preservación de suelos y aguas y asegura que su establecimiento y administración se lleve a cabo conforme a lo dispuesto por las Leyes Forestal y Federal de Aguas.

Título tercero: Comprende las regulaciones sobre el aprovechamiento racional de los elementos naturales, derivadas de los conceptos que define la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Señala los criterios que deberán observarse para el aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos, así como del suelo y sus recursos. Prevé también los efectos de la exploración y explotación de los recursos naturales no renovables.

Título cuarto: Se refiere a la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera, del agua, de los ecosistemas acuáticos del suelo.

Título quinto: Tiene como propósito establecer las bases para que la sociedad participe, de manera permanente, en las acciones ecológicas. Regula, además, las vías de participación previstas en otros títulos de la propia ley, como la consulta en el ámbito del "Sistema Nacional de Planeación Democrática", la celebración de convenios de concertación y la presentación de opiniones y propuestas en el seno de la Comisión Nacional de Ecología.

Título sexto: Establece las medidas de control, de seguridad y sanciones que se aplicarán para hacer efectivo el cumplimiento de las disposiciones de la Ley.



Niveles de contaminación. Recientemente, las matemáticas han ayudado a simular los niveles contaminantes. Aquí se muestra (sobre la ciudad de México) la cantidad de partes de SO₂ por cada 100 millones en un diagrama de curvas de nivel. Por ejemplo, la línea con el número 100 (alrededor de la Torre Latinoamericana) marca los lugares donde existen 100 ppm de SO₂.

Óxidos de N₂

La presencia mayoritaria de N₂ en el aire y la necesidad de este elemento para la síntesis de proteínas en los seres vivos marcan la gran importancia del nitrógeno en la biosfera.

Entre los óxidos de nitrógeno, el NO₂ es el de mayor interés para efectos de la contaminación. Una fuente de NO₂ está constituida por los motores de los vehículos. En la cámara de combustión se alcanzan temperaturas tan elevadas que N₂ y O₂ (del aire) se combinan, dando lugar a varios óxidos de nitrógeno.



INTRODUCCIÓN

Lo interesante por analizar, además de sus posibles efectos nocivos directos, es el papel que desempeñan en el llamado ciclo de nitrógeno. Un desbalance en dicho ciclo puede dar lugar a una catástrofe en la que se haga imposible la vida en la Tierra.

Toda vida animal es posible gracias a la vida vegetal. De las plantas tomamos las proteínas con las que animales y humanos fabricamos las propias. Pero ¿de dónde obtienen su nitrógeno las plantas?

Las proteínas contienen nitrógeno

El N_2 atmosférico no puede ser empleado por la mayor parte de los vegetales para fabricar proteínas, pues es una molécula muy estable. Las plantas sólo pueden tomar el nitrógeno de varios compuestos, existentes en el suelo, pero no del N_2 del aire.

Gracias a pequeñísimas bacterias y algas que pueden transformar el N_2 en otros compuestos (bacterias y algas fijadoras de nitrógeno) resulta posible la existencia de la vida vegetal y, por ende, la vida animal y humana.

La fabricación artificial de fertilizantes nitrogenados hace posible que el hombre nitrifique el suelo y lo cultive sin depender de bacterias y de algas.

En la figura V.8 se presenta un diagrama del ciclo del nitrógeno en la biosfera.

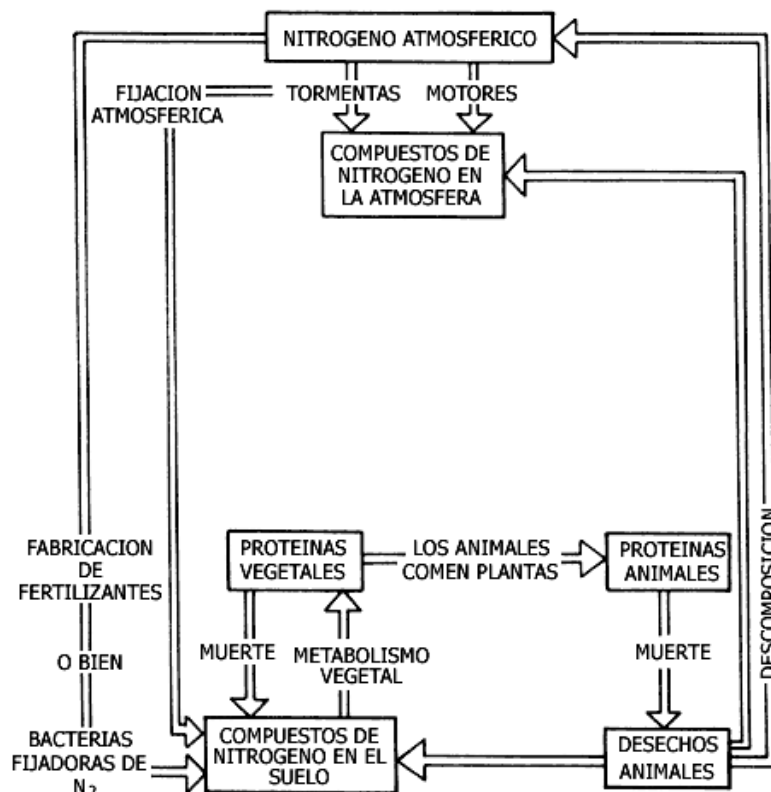
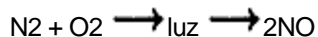


Figura V.8. Ciclo del nitrógeno en la biosfera.

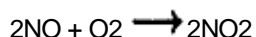


INTRODUCCIÓN

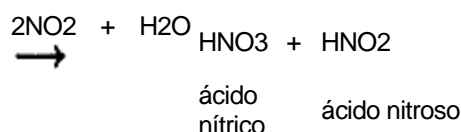
Una vez revisado el ciclo, veamos cómo llegan a la atmósfera los óxidos de nitrógeno. En cualquier proceso de combustión en el aire (o en tormentas eléctricas) se forma cierta cantidad de NO:



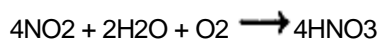
A éste no se le considera peligroso para la salud, pero reacciona rápidamente con el oxígeno del aire, produciéndose NO₂, un gas de color café, sofocante, con toxicidad directa en los pulmones:



El NO₂ reacciona con el vapor de agua:

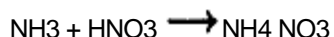


Y con el oxígeno y el agua de la atmósfera:



Dando un carácter ácido al aire atmosférico, el que pasa al suelo al llover.

Estos ácidos pueden reaccionar ahora con amoníaco, produciendo partículas de nitrato de amonio:



Los ácidos y las sales del nitrógeno forman peligrosos aerosoles, que pueden ser "limpiados" por la lluvia y llevados al suelo. Una vez allí, participan en el ciclo de N₂, nitrificando los vegetales. Desde este punto de vista, es útil su formación, pero como el NO₂ permanece en la atmósfera durante un promedio de tres días, en este tiempo puede causar graves intoxicaciones si se acumula en proporciones peligrosas.

CUADRO V.4 La contaminación en la ciudad de México

Para el año 1987 se estimó que la emisión de contaminantes fue de 4.9 millones de toneladas distribuidos de la siguiente manera

Contaminantes	Fuentes fijas 13%	Fuentes móviles 82%	Fuentes naturales 5%	Emisión total (Toneladas)
	(Toneladas)	(Toneladas)	(Toneladas)	
Partículas	128 000	41 241	251 000	420 421
SO ₂	236 000	7 291		243 291
Hidrocarburos	137 500	309 890		447 390
CO	53 000	3 573 427		3 626 427
NO _x	68 000	111 324		179 324
TOTAL	622 500	4 043 173	251 000	4 916 673



Donde por fuentes fijas se identifica principalmente a las industrias (como la refinería de Atzacapotzalco, las termoeléctricas, y las de papel, siderúrgicas y de productos químicos), móviles a los vehículos y naturales a los incendios, volcanes, etcétera. Siguiendo las recomendaciones internacionales en México se ha implementado el Índice Metropolitano la Calidad de Aire (IMECA, Diario Oficial, 29 de noviembre de 1982, cuadro V.5, un parámetro que identifica los niveles de concentración de los diversos contaminantes promediados de diversos lapsos (de 1 a 24 horas) y que posee las siguientes características: a) Transforma las unidades científicas de concentración de cada contaminante separado en un número entero adimensional (de 0 a 500) para que sea (o así al menos se quiere) de fácil comprensión para el público.

b) Relaciona los valores de la concentración de contaminantes con los efectos a la salud.
c) Relaciona los valores de la concentración de contaminantes con el "Programa de Contingencias por Episodios de Contaminación del aire" elaborado por la SEDUE. El IMECA no cumple sin embargo algunos de los objetivos para los cuales fue creado ya que: a) El valor que reporta no permite comparar la magnitud de los contaminantes con las normas de calidad del aire internacionales.

b) Generalmente se informa el valor del contaminante más alto sin indicar el de los otros contaminantes que también en ocasiones pueden estar en concentraciones peligrosas. Los niveles de contaminación son muy altos en nuestro país, particularmente en la ciudad de México, no sólo en lo que respecta al aire sino también al agua y suelo, además del ruido (la Organización Mundial de la Salud considera que el límite máximo aceptable para el ser humano es de 85 decibelios, límite que fue sobrepasado desde 1975; en algunas zonas de la ciudad actualmente se encuentran en niveles hasta de 120 decibelios). Sólo alrededor de 30% de las industrias instaladas en el valle de México, cuentan con un equipo anticontaminante y en muchas ocasiones éste es insuficiente e inoperante. El 94% de la producción pecuaria del DF. Se realiza en zonas densamente pobladas, lo que convierte a la ciudad en un enorme establo. Alrededor de tres millones de capitalinos practican el fecalismo al aire libre; según el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, estos desechos producen la proliferación de 50 a 120 colonias patógenas por metro cúbico de aire. En la vía pública se depositan diariamente 2 500 toneladas de basura y otras 7 500 se llevan a basureros a cielo abierto, verdaderos criaderos de ratas y focos de infección (La Secretaría de Salubridad y Asistencia afirma que hay 78 millones de ratas en el área urbana de la ciudad de México, o sea 4 por cada capitalino). Como resultado de las carencias de vegetación (en la ciudad de México el promedio de áreas verdes por habitante es, de acuerdo con el DDF, de $3.94 \text{ m}^2 / \text{p}$, cuando la norma internacional establece $9^2 / \text{p}$) y la erosión de la tierra (tolvaneras) en la zona urbana y suburbana levante anualmente más de 300 000 toneladas de polvo. De continuar las tendencias actuales y de no tomar entre todos medidas más enérgicas contra la contaminación, dentro de poco tiempo nos encontraremos frente a un verdadero desastre ecológico.



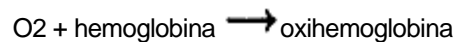
Índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA). Nivel aproximado de contaminantes

IMECA	Nivel aproximado de contaminantes (ppm)					Efecto en la salud (PSI)	Medidas a tomar por niveles desfavorables de dispersión (SEDUE)	
	Partículas	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂			
	24 h mg/m ³	24 h	8 h	1 h	1 h			
100	275	0.18	13	0.1	0.2	Insalubre	Síntomas de irritación en las personas sanas	Vigilancia las 24 h del día de los niveles de contaminación
200	420	0.35	21	0.21	0.7	Muy insalubre	Disminución de la tolerancia al ejercicio físico	Implantar el primer nivel de reducción de emisiones de fuentes industriales (promedio30%)
300	600	0.56	31	0.35	1.15	P	Aumento prematuro de	Implantar el segundo nivel de reducción de emisiones de fuentes industriales (promedio50%)
400	790	0.78	41	0.45	1.6	L	varias enfermedades	
500	950	1	50	0.6	2	I	Muerte prematura de enfermos ancianos	Implantar el tercer nivel de reducción de emisiones de fuentes industriales (promedio70%)
						G		
						R		
						O		

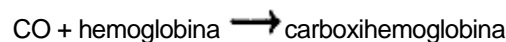
Óxidos de carbono

El más nocivo es, sin duda, el monóxido, CO. Es un veneno letal, pues interfiere en el transporte del oxígeno a las células del organismo.

La hemoglobina de la sangre toma el oxígeno del aire alveolar:



peor si allí existe CO, éste puede tomar el lugar del oxígeno:



Lo grave es que la carboxihemoglobina es 140 veces más estable que la oxihemoglobina, así que las moléculas de hemoglobina que se combinan con CO quedan inútiles para el transporte de oxígeno, pues ese monóxido de carbono bloquea la entrada de O₂. Conforme las moléculas de hemoglobina son inhabilitadas por el CO, no les es posible transportar O₂ a las células y sobreviene la muerte por asfixia.



INTRODUCCIÓN

El CO es incoloro e inodoro pero venenoso

Una concentración de 30 ppm de CO durante 8 horas basta para provocar fuerte dolor de cabeza y náuseas (Cuadro V.6).

CUADRO V.6 Efecto del CO (%)

Concentración de CO en el aire	100 ppm	200 ppm	1 000 ppm	10 000 ppm
% de moléculas de hemoglobina bloqueadas	17	20	60	90
			con la aspiración prolongada sobreviene la muerte	

Es normal que en las grandes ciudades se tengan niveles prolongados de 30 ppm o más en las calles transitadas, pues una fuente de CO es la combustión realizada en los automóviles.

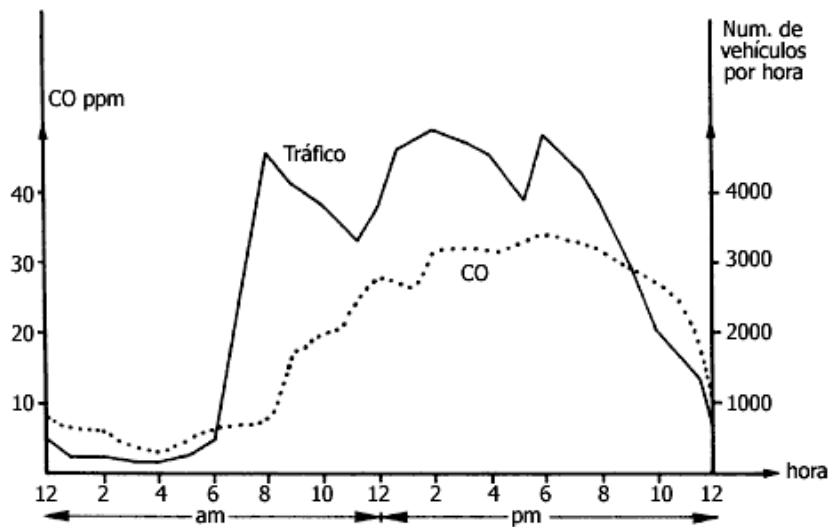


Figura V. 9. Definitivamente, hay relación entre el CO atmosférico y el tránsito de vehículos.

Cuando los autos no tienen ningún control para reducir la emisión de CO, por cada 100 litros de gasolina quemada se generan unos 30 gramos de monóxido de carbono.

En 1982 ocurrió una intoxicación masiva notable en la ciudad de México, cuando cientos de coches querían salir al mismo tiempo de un estacionamiento subterráneo. La emisión de CO y la lentitud del sistema de cobro propiciaron lo que pudo convertirse en una catástrofe, de no ser porque el cobrador resolvió dejar salir a los vehículos sin pagar.



INTRODUCCIÓN

El otro óxido de carbono, el CO₂, es el contaminante en mayor proporción en la atmósfera. Sus efectos no son tan graves como los del monóxido, y como la propia naturaleza logra eliminarlo eficazmente, no causa ningún problema agudo de contaminación.

Los vegetales controlan el nivel de CO₂ en la atmósfera al emplearlo para sintetizar carbohidratos:



Si el proceso de fotosíntesis se detuviera, bastarían 2 000 años para que desapareciera todo el oxígeno de la atmósfera.

Recientemente ha preocupado el hecho de que la cantidad de CO₂ en la atmósfera parece ir en aumento, como se observa en la cuadro V.7.

CUADRO V.7 Aumento de la cantidad de CO₂ en la atmósfera

Año	CO ₂
1900	296 ppm
1980	320 ppm

La razón de ello es que el CO₂ absorbe fácilmente la radiación calorífica que la Tierra emite debido a la entrada de los rayos solares a su superficie. A este fenómeno se le conoce como "efecto de invernadero", pues el vidrio o plástico de un invernadero cumple la función de no permitir la salida del calor, con lo que se logra que aun en lugares fríos puedan cultivarse plantas tropicales.

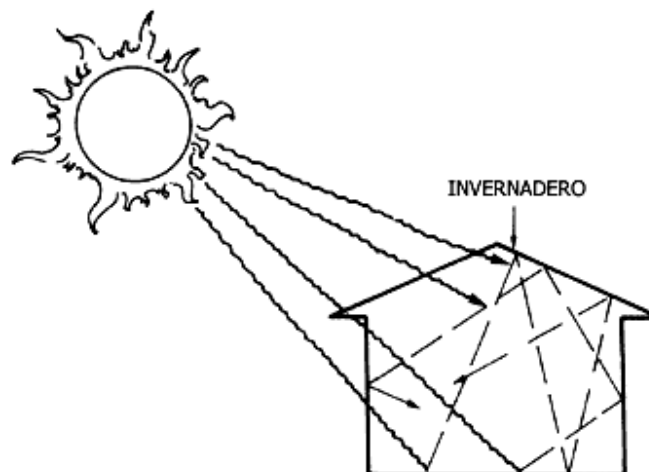


Figura V.10. Efecto de invernadero.

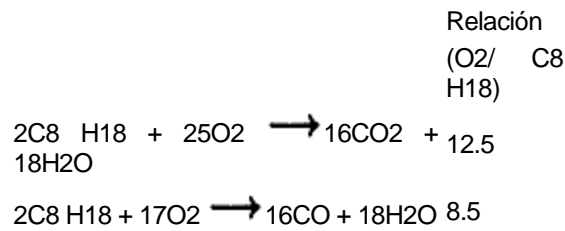


INTRODUCCIÓN

Así, se teme que si sigue creciendo el nivel de CO2 atmosférico, el calor empiece a acumularse en la Tierra, y que la temperatura del planeta aumente hasta hacerlo inhabitable, derritiéndose antes los casquetes polares y aumentando la altura del nivel del mar en varios metros.

El transporte, una de las mayores fuentes de óxidos de carbono

Las reacciones de formación de CO y CO2 a partir de gasolina (octanos), junto con sus cocientes volumétricos de oxígeno a combustible, son:



Así, cuando la gasolina se quema con poco aire, tiene lugar preferentemente la segunda reacción, mientras que si existe exceso de aire se produce la primera. De esta forma, es recomendable que el pistón reciba más de 12.5 moléculas de O2 por cada molécula de gasolina. Así, es mínimo el CO producido.

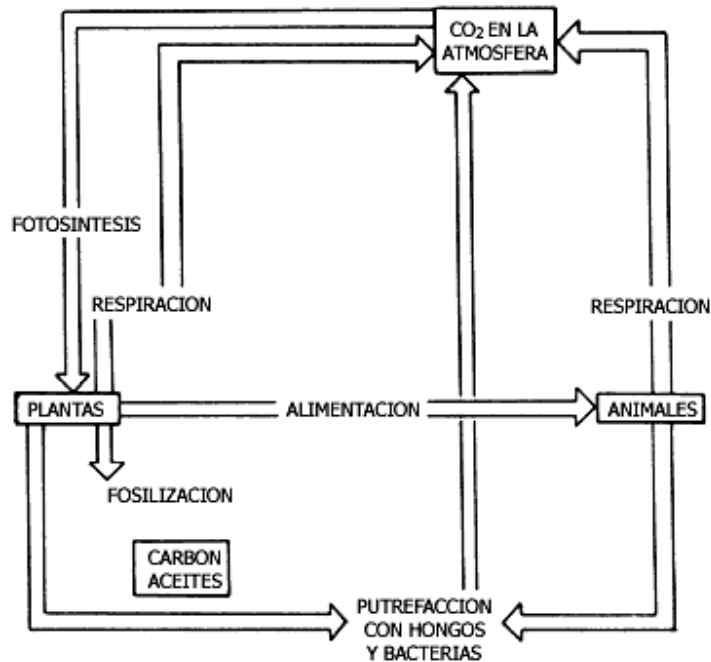


Figura V. 11. Ciclo de aire



Los coches, camiones y aviones cuentan, desde hace pocos años, con mecanismos para reducir la emisión de contaminantes. Estos son, entre otros:

- Carburador rediseñado
- Convertidor $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$
- Reductor de emisiones de óxidos de nitrógeno
- Bomba de inyección de aire
- Motor que funciona con gasolina sin plomo

La altura de la ciudad de México sobre el nivel del mar (2 240 m) origina que la cantidad de oxígeno por cada metro cúbico de aire se reduzca de 275 g a 212 g. Los motores de los autos están diseñados para operar al nivel del mar y la reducción del oxígeno atmosférico afecta su funcionamiento y los hace más contaminantes.

Se estima que la contaminación producida por los 2.5 millones de automóviles en la ciudad es equivalente a la que producirían 6.3 millones de vehículos al nivel del mar. De ahí la importancia de acciones, aunque aisladas, como la de "hoy no circula".

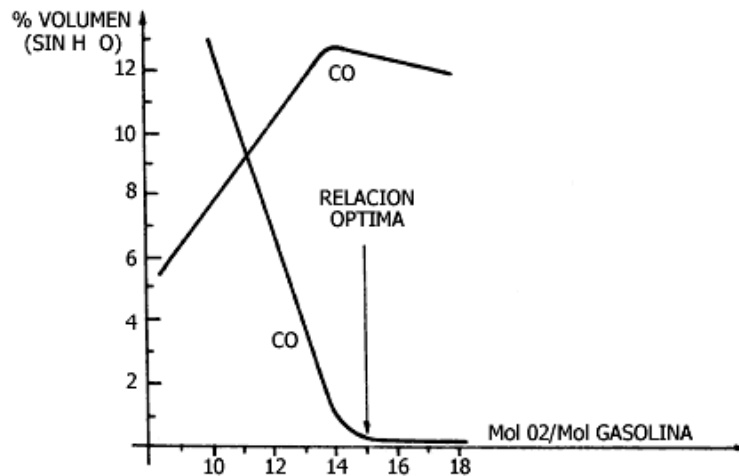


Figura V.12. Contaminantes producidos por la gasolina

Hidrocarburos

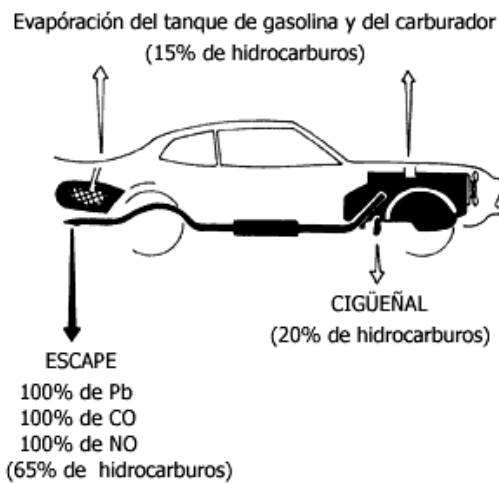
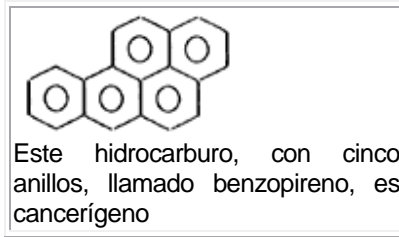


Figura V.13. Fuentes de emisión de contaminantes de un automóvil.

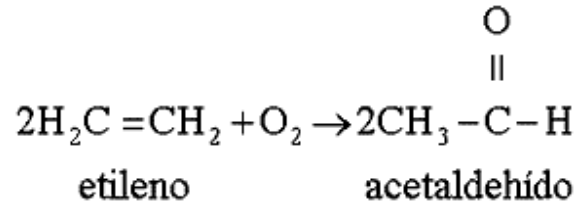


Ya se mencionó que la presencia de hidrocarburos en el aire conlleva la formación de peligrosos contaminantes secundarios, como el NPA.

En las ciudades, la mayor fuente de hidrocarburos proviene de la evaporación de la gasolina. Varios hidrocarburos aromáticos son cancerígenos (su inhalación provoca muerte por cáncer a los ratones de laboratorio).

La gasolina se escapa de cuatro partes del coche: carburador, escape, cárter y tanque. La mitad de los hidrocarburos se escapan debido a la mala afinación

Los hidrocarburos no saturados, como el etileno, intervienen en las reacciones fotoquímicas que crean el smog, ya que producen aldehídos:



Plomo

Su presencia en la atmósfera se debe a la adición de tetraetilo de plomo en las gasolinas (para elevar su octanaje). Dentro del pistón, debido a la alta temperatura, se forma el óxido de plomo, PbO₂. Como éste es un sólido no volátil, que daña las bujías, a la gasolina también se le adicionan algunos hidrocarburos dorados, para que se forme PbCl₂, que sí es volátil, y salga del pistón, hacia la atmósfera.

El plomo y sus sales son tóxicos para el organismo y llegan a afectar el sistema nervioso central. Afortunadamente, el cuerpo humano logra deshacerse de unos 230 gr de plomo cada día, pero si la cantidad que entra es mayor, se acumula y provoca intoxicación.

Pb: puede entrar en el organismo a través de la piel

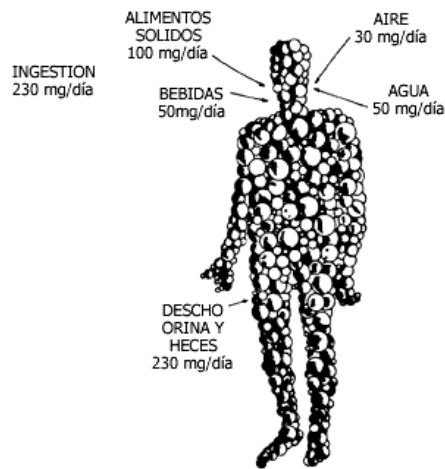


Figura V.14. Ingestión y desecho de Pb en un ser humano.

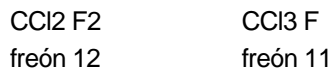
Ozono

El ozono, O₃, es el gas picante e irritante que a menudo se percibe cerca de los motores eléctricos. Ya mencionamos que se forma en la atmósfera baja debido a reacciones fotoquímicas, de manera que es un contaminante secundario.

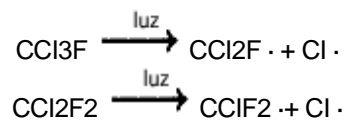
Sin embargo, como parte de la estratosfera, nos es indispensable para detener los rayos ultravioletas que provienen del Sol.

El ozono es un escudo protector de la vida

Recientemente se ha descubierto que ciertos compuestos producidos por el hombre llegan a la estratosfera y pueden destruir el ozono. Se trata de los cloro fluorocarbonos, también conocidos como freones:

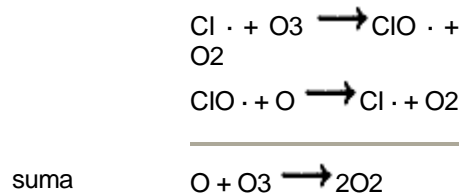


Los cuales se han venido usando como líquidos refrigerantes e impulsores en latas de aerosoles. Como son muy volátiles e inertes, permanecen entre 10 y 30 000 años en la atmósfera, por lo que llegan a difundirse hasta la estratosfera, donde se localiza la capa de ozono. Allí reaccionan fotoquímicamente y producen átomos de cloro:





Ese cloro estratosférico destruye el ozono:



Se ha estimado que si el ozono estratosférico se redujera en 1%, habría 2% más casos de cáncer en la piel, debido a la mayor cantidad de rayos ultravioleta que llegarían a la superficie de la Tierra.

Desde fines de los años setenta, se detecta cada año, durante los meses de septiembre y octubre, una disminución drástica de la concentración de ozono estratosférico sobre la Antártida, a la que se denomina desde entonces el "hoyo de ozono".

De acuerdo con la interpretación más aceptada, en el invierno del hemisferio sur se forma un cinturón de vientos en la estratosfera, a 66 grados latitud sur. Al llegar la primavera, ese vórtice aísla el aire sobre el Polo Sur y evita la entrada del más cálido proveniente de las latitudes medias. La temperatura reducida permite la activación de los productos químicos clorofluorados que destruyen el ozono.

El hallazgo reciente (Nature, 16 de noviembre de 1989) es que existe también un anillo de bajo ozono alrededor del hoyo antártico, según indican los resultados de diversos vuelos de medición realizados desde la base de Punta Arenas, Chile.

Si el estudio posterior verifica tal pérdida de ozono alrededor del hoyo, los científicos habrán de estudiar sus causas y mecanismos. Recordemos que la vida en la Tierra pudo originarse y podrá persistir gracias a esta capa estratosférica protectora.

Partículas

Para finalizar, revisaremos brevemente la contaminación de polvos suspendidos.

Cuando una partícula pequeña (o, en general, cualquier otro cuerpo sólido) cae en el aire, inicialmente se acelera, pero en virtud de una fuerza de resistencia alcanza después una velocidad constante, llamada velocidad terminal.

En el vacío todos los cuerpos caen acelerados, pero esto no sucede cuando caen en el aire

Cuanto más pequeña es la partícula, su velocidad terminal es menor. Por ejemplo, una que tuviera radio de 1 m necesitaría dos horas y media para caer 30 cm. (en aire inmóvil). En pocas palabras, estos polvos finos se encuentran suspendidos en el aire, forman parte de él, y esa mezcla aire-partículas es un aerosol.

Al respirar, muchas partículas entran por nuestros orificios nasales. Sin embargo, podemos sobrevivir gracias a un eficaz mecanismo eliminador en nuestro sistema respiratorio. La mayor porción de las partículas es detenida antes de llegar a los alvéolos. No obstante, las que tienen diámetros menores que 5 mm pueden llegar hasta el espacio alveolar y depositarse. Allí existen células "limpiadoras" que se mueven para englobar el polvo extraño y transportarlo hasta los ganglios linfáticos. La partícula puede disolverse en los líquidos celulares y distribuirse por el organismo, pero si no es soluble permanece en el pulmón o en el sistema linfático, produce inflamaciones y, cuando se acumulan, llegan a provocar dificultades respiratorias y cardíacas.

En especial, las partículas que contienen sílice o metales son las más peligrosas.

Así, lo importante para evitar la contaminación por polvos es no enviar a la atmósfera las partículas con diámetros pequeños (menores de 7 m).

Para detectar la fuente de polvos en una fábrica se aprovecha el efecto de Tyndall, para lo que se usa una luz intensa portátil sobre un fondo oscuro. Una vez localizada la emanación de polvos, puede usarse (entre otros) algunos de los equipos que se describen en las figuras V.15, V.16 y V.17.

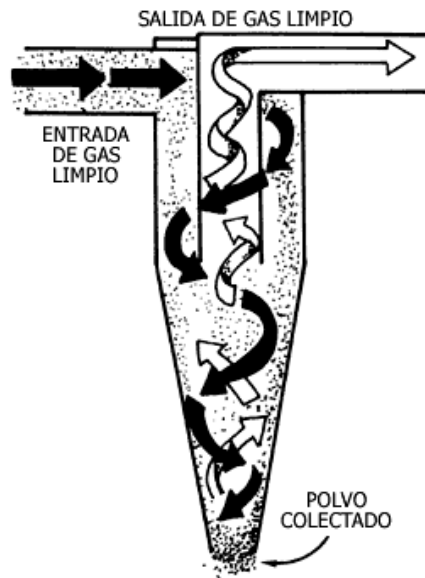


Figura V.15. Ciclón. La trayectoria espiral envía a las partículas a los lados, de donde caen.

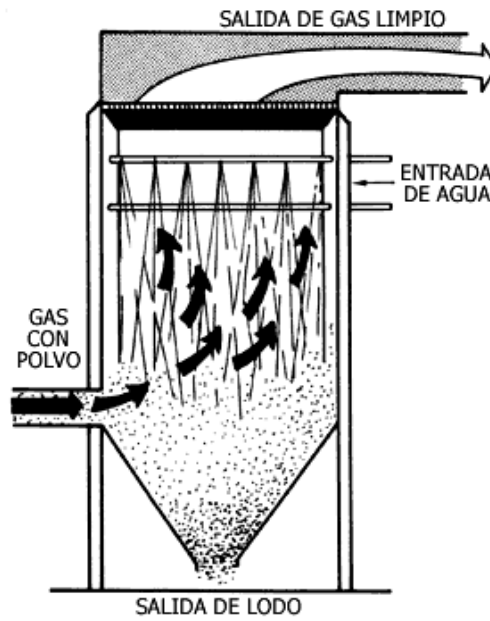


Figura V.16. Colector húmedo. El agua se atomiza en una regadera que absorbe impurezas.

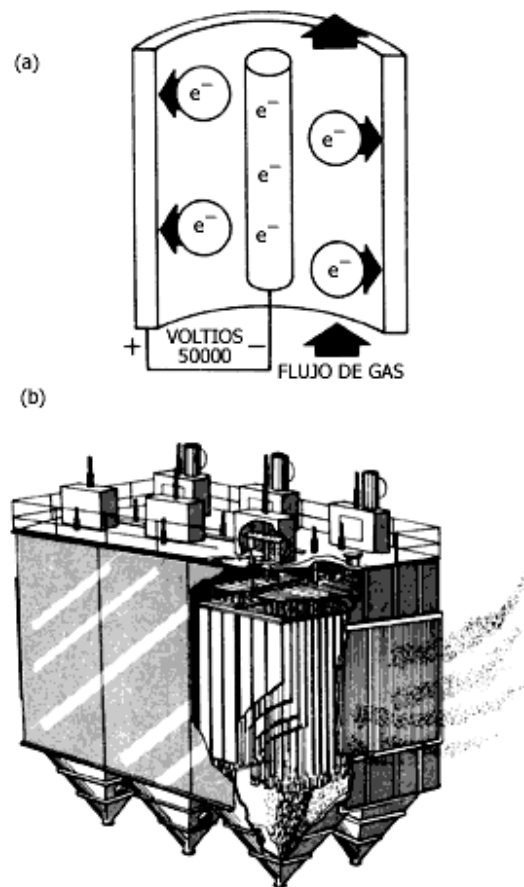


Figura V.17. Precipitador electrostático. Las partículas sólidas adquieren carga eléctrica y "se pegan" a la pared.

Creemos oportuno concluir este capítulo con tres pasajes tomados del libro de Ortiz Monasterio. Esperamos que hagan reflexionar al lector.

· Si alcanzamos el imperioso equilibrio armónico entre nosotros mismos y el medio ambiente, se vislumbran años en que, utilizando la actual tecnología, podrán ser satisfechas las necesidades de: comida, habitación, empleo, educación, arte y permanente recreación en un medio natural. Si mantenemos nuestro actual comportamiento habremos estimulado el desequilibrio y la aterradora destrucción de la humanidad.

· En este mundo de extremas contradicciones te pido que te detengas, que reflexiones, que no te confunda la ilusión del progreso ni que te arrolle la masa.

· Nuestros problemas, entre ellos el de la contaminación ambiental, tienen solución, pero pronto no la tendrán.

Aunque se han introducido nuevas tecnologías anticontaminantes en los vehículos y en las actividades industriales, el problema de contaminación muestra solamente avances marginales en la reducción de la contaminación del aire. Los datos actuales de monitoreo de la calidad del aire muestran que los contaminantes más importantes son las partículas menores a 10 μm (micrómetros) [PM10] y el ozono. En el caso del ozono se rebasa la norma para una hora (0.11 ppmv-0.11 partes por millón en volumen)* el 80 por ciento de los días del año; y en el caso del PM10 se rebasa la norma para 24 horas (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -150 microgramos por metro cúbico de aire)* más del 40 por ciento de los días de los últimos años, a excepción de 1999 en que se rebasó en el 10 por ciento de los días.



INTRODUCCIÓN

Dentro del PM10, las partículas de mayor impacto en la salud son las menores a 2.5 μm (PM2.5). El PM2.5 se ha vuelto de particular interés ya que puede penetrar hasta los alvéolos de los pulmones donde se depositan las partículas pudiendo causar la muerte por exposición crónica. El PM2.5 no se mide regularmente y no existe una norma oficial mexicana, pero se estima que ésta última estará alrededor de 60 a 65 mg/m^3 promedio de 24 horas. Considerando este valor y algunas mediciones de PM2.5 que se han hecho en la ZMVM se estima que se tendría un porcentaje elevado de violaciones a la norma durante el año. Aun más, considerando la norma anual promedio de PM10 de 50 mg/m^3 se estima que en la Ciudad de México se violaría esta norma los últimos años. Además, existen otras dudas sobre los efectos de algunos hidrocarburos aromáticos tóxicos y de algunos metales pesados.

Durante la entrevista, Báez Pedrajo añadió que el problema de la calidad del aire ha alcanzado dimensiones enormes debido al acelerado crecimiento de la población y la elevada demanda de servicios, principalmente de energía y transporte. Esto derivó, a su vez, en un incremento en la circulación de taxis, microbuses, camiones de carga y vehículos particulares.

El investigador alertó también sobre compuestos orgánicos altamente peligrosos y contaminantes, como los que se liberan al fumar, por citar un ejemplo, pues son partículas suspendidas formadas por cientos de compuestos cancerígenos. Recientemente se estudian para evaluar su posible participación en los cambios del material genético en los seres vivos expuestos a esas sustancias.

El científico, quien trabaja en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), informó que otros de los principales factores que contribuyen a elevar los niveles de contaminación en la Ciudad de México y otras grandes ciudades, son el mal trazado de las calles, los topes excesivos y el número creciente de automóviles, lo que provoca congestionamientos viales y una circulación vehicular de baja velocidad, condiciones que provocan mayor emisión de gases contaminantes.

Armando Báez Pedrajo, miembro del Sistema Nacional de Investigadores dependiente del Conacyt, realizó sus estudios de maestría en ingeniería nuclear en la UNAM, y sus investigaciones sobre impacto de aerosoles, química atmosférica, contaminación ambiental, composición química del agua en las nubes y nieblas, han sido difundidas en diversas publicaciones. Actualmente se desempeña como académico en el programa de postgrado de Ciencias de la Tierra en la misma institución.

Aunque representan una parte mínima del parque vehicular, taxis, microbuses, autobuses de pasajeros y camiones de carga producen hasta la mitad de la contaminación padecida en la Ciudad de México.

En la metrópoli, taxis, micros, autobuses y tractocamiones son 280 mil de los 3 millones 560 mil vehículos registrados en la Ciudad, apenas 7 por ciento del total, pero causan las emisiones que generan los dos problemas principales de contaminación: partículas finas y ozono.

De acuerdo con el Inventario de Emisiones 2000, el más reciente elaborado por el GDF, esos vehículos emiten la mitad de las partículas menores de 10 micrómetros y la tercera parte de los óxidos de nitrógeno, uno de los químicos que, al reaccionar con la luz solar, forman contaminación por ozono.

Este pequeño universo de vehículos aporta ese nivel de contaminación por dos razones, explicó el especialista del Centro de Transporte Sustentable, Bernardo Baranda: debido a la edad promedio de los vehículos, más de 10 años, y a que realizan la mayor parte de los viajes efectuados en la ciudad.

"Cada día se llevan a cabo 29 millones de viajes, de los cuales el conjunto de taxis, microbuses y autobuses de pasajeros realiza 64 por ciento, en consecuencia, es el parque vehicular que más combustible consume, por utilizar motores viejos y carecer de convertidores catalíticos", indicó Baranda.

Si a las unidades de transporte público de pasajeros se añaden los camiones de carga, se identifica así al sector vehicular más contaminante, expuso el especialista de la UAM-Xochimilco, Bernardo Navarro.

"El parque vehicular de autos privados, por el número de unidades, alrededor de 3 millones 200 mil coches, es el segmento más contaminante, pero por su uso intensivo, su edad y el tipo de combustible que consumen, el auto transporte es el grupo en donde pueden reducirse las emisiones con acciones localizadas", precisó Navarro.

Dentro del auto transporte capitalino, el que más efectos ambientales adversos provoca es el de carga, con tractocamiones que consumen diesel, tienen edades promedio superiores a los 15 años, lo que



INTRODUCCIÓN

implica que carecen de catalizadores, y además emiten contaminación con micro partículas, añadió el experto.

Por esas razones, concluyó, el científico Mario Molina propuso el martes 25 de mayo acelerar la renovación del parque vehicular, en particular el transporte de pasajeros y carga.

7% de los vehículos registrados en el DF son taxis, microbuses y camiones.

17% del total de la contaminación del aire es generada por el transporte público.

Los camiones diesel convencionales producen cantidades significativas de emisiones contaminantes, especialmente partículas materia (PM) y óxidos de nitrógeno (Nox) que causan un deterioro en la calidad de aire. En los típicos camiones actuales están emisiones son controladas primeramente a través de un motor básico, en vez de por medio del uso de dispositivos de post-tratamiento (otros que no sean catalizadores de oxidación diesel en aplicaciones limitadas). Estas técnicas de control están generalmente limitadas por un equilibrio de Nox y MP, donde las estrategias para reducir un contaminante van a causar un incremento del otro.

La formación de Nox depende directamente de la temperatura. El aumento de las temperaturas de la combustión trae como consecuencia un aumento de Nox. Por ende, el control de Nox en un motor, se logra al reducir las temperaturas máximas y la duración de estas altas temperaturas en la cámara de combustión. Las partículas materia, son por otra parte, principalmente el resultado de la combustión incompleta del combustible diesel. Las tecnologías de control para reducir MP generalmente se enfocan en mejorar la combustión del combustible, lo que trae como resultado temperaturas de combustión y Nox mayores. Algunas estrategias usadas actualmente para controlar las emisiones diesel de NOX y MP incluyen turbo alimentador, refrigeración complementaria, cambios de diseño a la cámara de combustión, retardamiento de la sincronización de inyección, e inyección de combustible a alta presión.

En síntesis se podría hablar todo este capítulo acerca de la contaminación en la ciudad de México, pero es importante recalcar, que lo que nosotros vamos a analizar es la contaminación por vehículos que consumen combustible diesel en la ciudad de México, pues dado que aunque son minoría estos vehículos en la ciudad con respecto a otros como particulares, taxis y microbuses, son altamente contaminantes y peligrosos para la salud humana, y que el reconocerlo como necesidad primordial entre otras tantas, sería altamente provechoso para su combate y generación de nuevas estrategias para atacar este problema, en los siguientes capítulos se analizarán las tecnologías que se han analizado con respecto a este problema y se definirá cual puede ser más provechosa para la ciudad de México.



OBJETIVOS.

A.- OBJETIVOS GENERALES

Se debe entender que para que los proyectos innovadores sean tomados en cuenta, se tienen que hacer estudios e investigaciones que demuestren cabalmente la profundidad e impacto de estos proyectos. Estos resultados deben analizarse y mostrarse a los sectores interesados puesto que muchas veces pueden ser buenos, pero una demostración incorrecta hace desistir a las partes que tienen la decisión de aprobar o no en ese enfoque.

El proyecto de los vehículos de combustible dual gas y diesel; tiene como principio, una decisión de mejora en el ambiente en la ciudad de México a finales de los años 90's, para lo cual toma como apoyo el desarrollo de tecnología de las empresas fabricantes de motores de punta, hablamos de las empresas Caterpillar (CAT) y Clean Air Power (CAP) que son las que fabrican y distribuyen estos motores, con gran éxito en Europa y Norteamérica, el funcionamiento consiste en un motor que es capaz de trabajar con dos combustibles a la vez, gas natural y diesel, con base en un arreglo controlado electrónicamente.

Este proyecto involucro la introducción de 250 camiones recolectores de basura de la marca Freightliner modelo 2000, los cuales fueron traídos desde Estados Unidos por la Semarnap con el propósito de circularan por las calles de la Ciudad de México gozando de sus beneficios en el enfoque ambiental principalmente.

Nosotros hemos aprovechado esta situación para realizar un estudio de esta nueva tecnología y ver realmente que tan efectiva es, en comparación con la que se utiliza convencionalmente, esto es que analizaremos el funcionamiento del motor de combustible dual y lo compararemos con el funcionamiento de un motor diesel normal. También compararemos estos resultados con las normas ambientales europeas y estadounidenses y veremos si cumplen actualmente con estas y con las que se pretenden poner en funcionamiento en futuros años. Este aspecto lo hemos considerado puesto que Estados Unidos es nuestro principal socio comercial.

Veremos las principales ventajas y desventajas del sistema de combustible dual tomando como referencia todos los aspectos que existen en la Ciudad de México y ver que tan factible es el incremento del parque vehicular con esta tecnología, tanto para las empresas como para el gobierno en pro del mejoramiento ambiental.

Otro aspecto que tomaremos en cuenta y que es muy necesario es el atractivo económico de esta tecnología, el cual puede facilitar la introducción de nuevos camiones menos contaminantes y con un ahorro de combustible caro.

B.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. DAR A CONOCER LA NUEVA TECNOLOGIA DE GAS NATURAL APLICADA A LOS VEHICULOS DE CICLO DIESEL.

Enfocándonos, solamente analizaremos los camiones de la marca Freightliner que cuentan con un motor de la marca Caterpillar modificado por CAP y utilizan el sistema de combustible dual Gas Natural-Diesel, se vera su rendimiento, las emisiones de gases y su costo de operación. Estos estudios serán comparados con los obtenidos de los camiones que utilizan el mismo motor pero sin la modificación, es decir que solo utilizan diesel como combustible.

**2. CONOCER OTROS ESTUDIOS SIMILARES Y SUS RESULTADOS ASÍ COMO LA FORMA EN QUE SE LLEVARON A CABO Y EN QUE LUGARES SE APLICARON.**

Este punto es tomado solamente como una referencia de otros estudios hechos en Estados Unidos (el sistema doble combustible surgió en ese país), y que solo nos da una perspectiva de lo que ocurre en dicho lugar y que sin duda se debería de tomar como ejemplo en los esfuerzos que se hacen para la mejora del ambiente.

Este estudio que se realizó en la ciudad de Lompoc California, el cual fue cometido por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable, NREL por sus siglas en inglés. El NREL es parte del Laboratorio del Departamento de Energía de los Estados Unidos y es operado por el Instituto de Investigación del Medio Oeste, Battelle, Bechtel.

Este estudio que fue realizado en enero del 2000 nos da un reporte detallado de los resultados de la tecnología de combustible dual aplicada a camiones del transporte público. Cabe mencionar que las aplicaciones que se le da en este estudio son muy diferentes a la que se le da en la Ciudad de México, además de que las características del lugar en donde fue realizado son completamente distintas a las de nuestra urbe.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que en el estudio realizado se tomaron en cuenta las más estrictas normas ambientales de Estados Unidos y por tanto se puede tener una apreciación equivocada acerca del sistema de combustible dual y no ver sus beneficios.

Este estudio es presentado íntegramente en el apéndice 1



CAPÍTULO I:

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

A. COMPONENTES GENERALES DE LOS MOTORES DIESEL CATERPILLAR PARA CAMIÓN

Ahora veremos los componentes del motor por separado y el papel que estos representan en la generación de potencia y la transferencia de la misma en el motor.

BLOQUE: El bloque es el bastidor básico (monoblock) del motor sostiene al cigüeñal, los pistones, las bielas y los otros componentes y los otros componentes en perfecta alineación. El bloque también contiene el refrigerante y el aceite del motor, también dispone de lugares para la conexión de componentes externos tales como la bomba de agua y el filtro del aceite. Los bloques deben de ser de fundición de hierro gris para resistir el esfuerzo, el calor y la vibración.

La mitad inferior del bloque donde esta ubicado el cigüeñal se le conoce como cárter, el colector del cárter va empernado en el fondo del cárter para contener el aceite. Sacando el colector del cárter se abre el acceso a los cojinetes del cigüeñal. Los cuales se desgastan durante la vida de servicio del motor y pueden ser reemplazados cuando se reacondiciona la parte inferior del motor.

Los motores están diseñados en dos configuraciones básicas, en línea o en V, por lo general los motores de cuatro cilindros son en línea, algunos motores de seis cilindros están configurados en línea y otros mas están en V, los motores de ocho cilindro la gran mayoría están en arreglo en V, así es como los muñones de las bielas pueden estar en una sola o dos bancadas pero compartiendo un cigüeñal común.

CULATA: en los motores de diseño en línea más pequeña, la culata (también llamada cabeza) es una fundición enteriza unida a la parte superior del bloque. Los motores en V y algunos motores en línea más grandes usan dos culatas o culatas múltiples, pero hay motores muy grandes que llegan a tener una culata por cilindro.

La culata desempeña en el motor las siguientes funciones:

- Forma la superficie superior de sellado de la cámara de combustión.
- Disipa el calor a medida que el refrigerante circula a través de los pasajes internos de agua.
- Dirige el aire de admisión y el del escape hacia adentro y hacia afuera de la cámara de combustión respectivamente.
- Sostiene las válvulas y los inyectores de combustible.

Las culatas están diseñadas y fabricadas para resistir las presiones y el calor extremo de la combustión. El proceso de maquinado de las culatas es crítico, especialmente en las siguientes áreas:

- El acabado de la tapa de la culata debe ser liso y plano para dar el sellado correcto. En caso contrario, la junta que sella la culata con el bloque puede tener fugas y causar perdidas de compresión y potencia del motor.
 - Orificio para las guías de válvulas.- si estos orificios no son exactos, la válvula o las válvulas podrían tener fugas excesivas de gases de combustión y posiblemente de aceite.
 - Los casquillos o asientos de válvulas deben de calzar exactamente en la culata para sellar la cámara de combustión. Si no encajan con precisión en la culata, abra contacto incorrecto entre el casquillo y el plato de la válvula, causando posiblemente daño al casquillo, a la válvula y a la culata así como fuga de compresión.
-



ORIFICIOS PARA LOS CILINDROS Y LAS CAMISAS:

Algunos motores usan camisas de cilindros y otros son integrados. En los motores sin camisas o descamisados hay orificios abiertos directamente en el bloque para los pistones. En cualquier caso, la función de los orificios y de las camisas de cilindros es:

- Formar las paredes de la cámara de combustión y guiar el movimiento del pistón.
- Proporcionar una buena superficie de sellado para los aros (anillos) del pistón que se asientan en ella.
- Conducir el calor fuera de la cámara de combustión.

Las camisas en los orificios de los cilindros forman las paredes de la cámara de combustión; la culata y las válvulas forman la superficie superior y el pistón y los aros, la inferior. El pistón y los aros se deslizan hacia arriba y hacia abajo de la pared del cilindro sobre una fina película de aceite. El sello formado entre el aro de pistón y la pared del cilindro sella herméticamente la cámara de combustión, separándola de la parte inferior del motor.

Las camisas de los cilindros son enfriadas por contacto directo con el refrigerante que circula alrededor de su superficie exterior. Están sostenidas en el bloque por una brida superior y por un sello anular en la parte inferior. Debido a que no están sostenidas a todo lo largo del bloque, tienen paredes gruesas para resistir mejor las fuerzas de combustión. Los motores con cilindros descamisados se enfrían por el refrigerante que circula por los pasajes internos del bloque, alrededor de los orificios.

En la reconstrucción de motores se usan camisas secas para recuperar los motores descamisados. Durante el acondicionamiento, el orificio para el cilindro se maquina a mayor diámetro, en el que se introduce a presión una camisa seca.

Estas son conocidas como camisas secas por que el enfriamiento se produce indirectamente y el refrigerante no tiene contacto directo con la superficie de la camisa.

Los orificios y la camisa de los cilindros deben ser uniformemente redondos para asegurar un buen asiento con los aros de pistón. Las camisas de extensión deben de ser tratadas térmicamente en toda su extensión para que tengan mayor dureza. La mayoría de las camisas en la industria deben de ser tratadas con laminación para darles mayor resistencia en la zona crítica de la brida, donde se concentran los esfuerzos de la combustión. Los orificios y las camisas también deben tener un patrón de rayado reticulado uniforme, que asegura la correcta distribución de aceite sobre la superficie interior de la camisa para que los aros se asienten y lubriqué correctamente la camisa sin rozarla.

PISTONES Y AROS (ANILLOS):

La principal función del pistón es transferir la energía de la combustión al cigüeñal en forma de fuerza mecánica. También actúa como una bomba en la carrera de admisión y en la de escape, para arrastrar el aire hacia adentro de la cámara de combustión y empujar los gases hacia fuera, por el escape.

La parte superior del pistón es llamada también la corona del pistón. Los pistones de la cámara de precombustión tienen un tapón térmico de acero en la corona. Los pistones en los sistemas de combustión directa tienen diseño de cráter. En uno de los lados del pistón están las ranuras de las bandas, que es la zona entre los aros. La parte inferior del pistón es llamada faldón y contiene el orificio para el pasador del pistón.

Algunos motores manejan tres anillos de pistón y otros motores manejan solo dos, los aros sirven de la siguiente manera: el de la parte superior es llamado el de la compresión y el de la parte baja del pistón es llamado el de control del aceite y sirve precisamente para controlar el flujo del aceite y la densidad del mismo en la superficie de la camisa del cilindro.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

Los pistones tienen que ser resistentes, livianos y buenos conductores de calor, por el calor de operación el pistón se expande y cambia de una forma ovalada a una redonda para dar un buen contacto concéntrico entre los aros de pistón y la superficie del cilindro. Este diseño proporciona excelente control del aceite y buena combustión.

Los aros de pistón deben de ser fabricados de acero resistente pero flexible y dúctil, también existen de fierro colado. Es termo tratados para impartirles mayor resistencia. Además el espesor del cromo u otro revestimiento del material de desgaste de los aros del pistón deben de mantener un excelente nivel en los estándares requeridos por la industria en nuestro tiempo.

Los aros de pistón deben tener una superficie bruñida sobre la cara de desgaste que prueba que el anillo es perfectamente redondo y que provee el sellado y control del aceite correctos.

BIELAS:

La biela conecta al pistón con el cigüeñal. Transforma el movimiento de subida y bajada del pistón en movimiento giratorio del cigüeñal.

El extremo pequeño de la biela va asegurado al pistón y el extremo grande va al cigüeñal. En el orificio del perno, en el extremo del orificio del perno en el lado de la biela, se usa un buje de encaje apretado para que la biela pueda girar libremente alrededor del perno. El extremo del cigüeñal de la biela consta de dos piezas-la biela y la tapa de la biela empernada. Aquí se usan cojinetes para proporcionar una buena superficie de desgaste entre la biela y el cigüeñal.

Las bielas son forjadas para impartirles resistencia y tenacidad. Son labradas y endurecidas a tolerancias precisas para asegurar su rectitud, su peso correcto, su alineación y también, para asegurar los cojinetes en su sitio durante el funcionamiento. En algunos motores grandes las bielas tienen también pasajes internos de aceite, que lo conducen a las partes inferiores del pistón para proporcionar enfriamiento.

Durante el montaje del motor, se marca un número en el extremo de la biela que se une al cigüeñal y en la tapa de la biela. Esto muestra que estas dos piezas forman un par y han sido maquinadas juntas. Durante la reparación general del motor, estas piezas siempre deben usarse juntas como un par.

CIGÜEÑAL:

El pistón y la biela impulsan el cigüeñal, que a su vez impulsa el volante y los engranes para propulsar otros componentes.

El cigüeñal está contenido en el bloque por los cojinetes de bancada. Estos cojinetes y los cojinetes de biela están lubricados por aceite que circula a través de pasajes taladrados en el bloque y en el cigüeñal. Un cojinete de empuje evita el movimiento longitudinal excesivo (hacia delante y hacia atrás del cigüeñal).

Los cigüeñales deben de ser sumamente resistentes y equilibrados. Las superficies del muñón, las áreas donde se apoyan los cojinetes necesitan tratamiento térmico para aumentarles la dureza superficial y labrarlos a una superficie muy lisa para impartirlos a una larga vida útil y de uso repetido, los muñones de los cigüeñales deben ser endurecidos a más de Rc40 y pulidos a un acabado superficial de 5 millonésimas de pulgada.

Los cojinetes de desgaste son piezas relativamente económicas y están diseñados para proteger los costosos: cigüeñal, biela y bloque. Hacen esto de la siguiente manera:

- Suministrando una superficie suave y lisa con alta capacidad de transferencia de carga. Esto protege las superficies del muñón del cigüeñal durante los arranques y cargas pesadas del motor.
-



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

- Atrapando o incrustando partículas y residuos de metal en la superficie blanda del cojinete, para evitar dañar la superficie del muñón.
- Manteniendo un flujo y presión del aceite correctos entre las piezas.

Los cojinetes que se usan entre la biela y el cigüeñal, se llaman cojinetes de bielas. Los cojinetes que ayudan a sostener el cigüeñal en el bloque se llaman cojinetes de bancada. Para ayudar a transferir las cargas de empuje longitudinal aplicadas sobre el cigüeñal, están los cojinetes de empuje o placas de empuje.

Los cojinetes usualmente se fabrican con varias capas de materiales:

- El dorso de acero-forma aproximadamente el 90% del espesor y provee resistencia al cojinete.
- Material del cojinete de aleación de aluminio (babbit).
- Capa adherente de cobre-usada para unir el enchapado de plomo-estaño con el aluminio.
- Enchapado de plomo-estaño con revestimiento de estaño, este material blando protege la placa de aluminio del cojinete absorbiendo las partículas pequeñas y proporcionando una superficie deslizante durante la lubricación insuficiente y arranque del motor. Todos los cojinetes usan adherente de cobre para resistir mejor el rozamiento.

VÁLVULAS Y MECANISMOS DE VÁLVULAS:

Para obtener una combustión eficiente es esencial tener la cantidad correcta de combustible y aire en el cilindro, en el momento en el que el pistón está cerca del tope superior de su carrera. La sincronización y entrega del combustible se efectúan por el sistema de inyección de combustible es función de las válvulas y del mecanismo de válvulas controlar el aire que entra y que sale de la cámara de combustión.

La rotación del cigüeñal impulsa los engranes de sincronización que a su vez hacen girar un árbol de levas. Las excéntricas del árbol de levas coordinan la apertura y el cierre de las válvulas, en secuencia con el movimiento de subida y bajada del pistón. Cuando el árbol de levas gira, las excéntricas de las levas impulsan con fuerza los levanta válvulas, varillas de empuje y balancines para abrir las válvulas, los resortes de las válvulas aplican la fuerza para cerrarlas.

Las piezas que intervienen son las siguientes:

- Engranajes de sincronización que, impulsados desde el cigüeñal, hacen girar el árbol de levas.
- Árbol de levas, controla en movimiento de apertura y cierre de las válvulas.
- Válvulas, controlan la entrada y salida de gases de combustión en la cámara de combustión y sella el área de combustión.
- Casquillos de válvulas, proporcionan el asiento apropiado para la válvula para sellar totalmente la cámara de combustión.
- Guías de válvulas que están a presión dentro de la culata y guían el movimiento de subida y bajada de los vástagos de la válvula.
- Resortes de válvulas que aplican la fuerza para cerrar la válvula.
- Cazoletas de válvulas (cierran) y retenes (rotadores), que sostienen alineados el resorte y la válvula y hacen girar la válvula durante el funcionamiento para asegurar el buen funcionamiento continuado de la válvula.

En los motores con el árbol de levas ubicado en la culata, el árbol de levas impulsa un seguidor de leva que a su vez, empuja el extremo del vástago de válvula para abrir la válvula.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

Las válvulas desempeñan las siguientes funciones:

- Sellan la parte superior de la cámara de combustión.
- Controlan la entrada del aire y las salidas de los gases de escape de la cámara de combustión.
- Transferir el calor.

Las válvulas tienen que ser resistentes y flexibles para tener buenas características de desgaste, especialmente en la zona del plato donde la válvula se asienta sobre el casquillo, las válvulas de escape tienen más material de cara que las de admisión, debido a que funcionan a temperaturas más elevadas. En las máquinas con mantenimiento apropiado las válvulas pueden volver a usarse varias veces, lo que es una ventaja importante por que pueden reducir los costos de operación y mantenimiento del motor.

INYECTORES DE COMBUSTIBLE:

Junto con las válvulas que controlan la entrada y la salida del aire de la cámara de combustión, los componentes del sistema de combustible controlan la cantidad y sincronización del combustible inyectado en el cilindro; ambas funciones son esenciales para lograr una eficiente combustión.

CÁMARA DE PRECOMBUSTIÓN:

En los motores de precombustión el combustible es bombeado desde la caja de las bombas inyectoras de combustible-donde se encuentran las bombas individuales de combustible (una por cilindro)- hasta las cápsulas inyectoras de combustibles. Hay una cámara inyectora de combustible ubicada en la cámara de precombustión sobre cada cilindro. Los orificios taladrados con precisión en el extremo de la cápsula inyectora de combustible dirigen el combustible hacia adentro de la cámara de precombustión, donde el combustible comienza a inflamarse en la combustión preeliminar (precombustión). El calor fuerza la mezcla restante de combustible y de aire de la cámara de precombustión a dirigirse a la cámara de combustión, en la parte superior del pistón. Como el nombre lo indica. Hay precombustión antes de que el combustible pase adentro del cilindro para completar la combustión.

INYECCIÓN DIRECTA:

El sistema de inyección directa (ID) del combustible se distingue del sistema de precombustión en que no tiene cámara e precombustión y por que el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión. Los inyectores de combustible están colocados sobre la cámara de combustión e inyectan combustible atomizado directamente sobre el pistón. Nuevamente el nombre del sistema lo recibe bien: inyección directa que quiere decir que el combustible es inyectado directamente en la cámara de combustión.

BOMBAS INYECTORAS:

En los sistemas con cámara de precombustión y de inyección directa las bombas de inyección de combustible están agrupadas en la cámara de inyección del combustible, en la parte lateral del motor. En un sistema de bombas inyectoras, el combustible se entrega desde la bomba de transferencia del combustible, en la parte lateral del motor. En un sistema de bombas inyectoras, el combustible se entrega desde la bomba de transferencia de combustible hasta la bomba inyectora que inyecta combustible directamente en cada cilindro, las bombas inyectoras eliminan la necesidad de líneas de combustible de alta presión que conecte la caja de bombas de combustible con las cápsulas de combustible. Esto permite presiones más altas del sistema de combustible, lo que resulta en mejor atomización del combustible y en una atomización más completa del mismo.



TURBOCARGADOR Y POSTENFRIADOR:

Los turbo cargadores son componentes optativos y se usan para obtener mas potencia de un motor. Esto se logra forzando más aire adentro del cilindro, lo que permite quemar más combustible y producir mas potencia.

Los gases de escape calientes salen del cilindro y entran por el lado de la turbina del turbo cargador. Las aspas de la turbina y las del compresor comparten un eje común.

Los gases impulsan las aspas de la turbina, las que a su vez impulsan las aspas del compresor n el lado de admisión de aire. Esta rotación a alta velocidad comprime el aire de admisión y al mismo tiempo aumenta su temperatura.

Las altas velocidades del régimen de hasta 80000 rpm, demandan un equilibrio y alineación casi perfectos de todas las líneas del turbo cargador. La metalurgia y el maquinado de las piezas son también muy importantes como también lo es una lubricación apropiada.

Además de ser turbo cargados, algunos motores son también postenfriados. Para bajar la temperatura del aire y aumentar su densidad, el aire se envía del turbo cargador al posenfriador para enfriarlo. Cuado el refrigerante del motor circula por los tubos interiores del postenfriador enfría y contrae el aire para que pueda comprimirse mas aire dentro de la cámara de combustión. También hay postenfriadores de aire a aire, que usan el aire ambiente para dar enfriamiento, si el motor no esta equipado con un postenfriador, el aire se introduce directamente en la cámara de combustión.

VOLANTE Y AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN:

Cuando se enciende el motor, las fuerzas de rotación hacen retorcer el cigüeñal produciendo una vibración torsional de alta frecuencia. El amortiguador de vibración limita la vibración torsional para evitar que el cigüeñal se dañe.

El amortiguador de vibración en el frente del cigüeñal es prácticamente una pesa dentro de una caja metálica. El espacio entre la pesa y la caja esta relleno con un fluido espeso. A medida que la pesa se mueve dentro del fluido, amortigua y absorbe impactos y la vibración torsional del cigüeñal.

El volante es una masa metálica grande y pesada en el extremo posterior del cigüeñal. Esta absorbe los impulsos de potencia y transfiere el momento de rotación del cigüeñal hasta que el siguiente cilindro también se enciende.

Básicamente esto ayuda a transmitir el movimiento giratorio del cigüeñal durante las etapas sin potencia del ciclo de combustión.

El volante es también uno de los medios por los cuales la potencia del motor se transfiere del motor a los otros componentes. Muchos componentes del tren de impulsión van montados directamente en el volante. En maquinas con convertidor de par, el convertidor va montado directamente en le volante. En maquinas de mando directo, un embrague se monta directamente en el volante. El motor de arranque va montado en la caja del volante y los dientes de los engranes del motor de arranque impulsan los dientes del borde exterior del volante para arrancar el motor.

RESUMEN:

Repasemos rápidamente como los componentes arriba mencionados funcionan juntos para convertir la energía térmica en un par motor mecánico o en potencia de salida para impulsar otros componentes. La combustión interna ocurre en la cámara de combustión. Para una combustión eficiente son esenciales la cantidad de aire y la cantidad y la sincronización de la inyección del combustible. Estas



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

son unidades controladas básicamente por las válvulas y por el sistema de inyección de combustible. Las fuerzas de la combustión empujan hacia abajo el pistón y la biela que a su vez, hacen girar el cigüeñal- todo lo cual se traduce en fuerza mecánica.

ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO:

Para entender mejor los motores, es necesario poseer conocimientos básicos de los términos relacionados con la ingeniería y el funcionamiento de los mismos. Estos son algunos de los términos más comunes relativos al tamaño y potencia del motor.

CALIBRE, CARRERA Y CILINDRADA:

CALIBRE (DIAMETRO): el calibre es el diámetro inferior de dicho cilindro, medido en pulgadas o milímetros.

$\pi/4 \times \text{Calibre}^2 \times \text{carrera} \times \text{No de cilindros} = \text{cilindrada}$.

CARRERA: la carrera es la distancia que el pistón se mueve dentro del cilindro, desde su punto mas alta, o un punto muerto superior, hasta su punto mas bajo, o punto muerto inferior. La carrera del pistón se determina por el desplazamiento del cigüeñal y se mide en pulgadas o milímetros.

CILINDRADA: la cilindrada es el volumen que el pistón se desplaza cuando se mueve del punto muerto inferior al punto muerto superior, hasta su punto mas alto. La cilindrada determina la cantidad de aire y combustible que el motor puede quemar. Básicamente cuanto más voluminoso es el desplazamiento, la mayor cantidad de aire y combustible que el motor puede quemar y la mayor potencia que el motor puede obtener del motor.

Cuando se habla de un motor se usa la clasificación de la cilindrada del mismo para comparar la potencia con su tamaño y lo que puede producir de potencia. Por ejemplo un motor pequeño de automóvil podría tener 1.6 lt (100pulg³) de cilindrada y un motor grande podría tener 6.6lt (400pulg³).

RELACION DE COMPRESIÓN:

Los motores diesel tienen una relación de compresión mucho más alta que los motores a gasolina. Típicamente, un motor de gasolina podría tener una relación de compresión de 8 a 1, mientras que en un motor diesel es de 16 a 1.

La relación de compresión en un motor es la comparación total de volumen en la cámara de combustión cuando el pistón está en la parte inferior de su carrera, comparado con el volumen de la cámara de combustión cuando el pistón está en la parte superior de su carrera. La relación de compresión es una constante que no cambia. Por otro lado, la compresión es la fuerza o presión ejercida sobre ese cilindro. La compresión puede cambiar. Cualquier fuga de aire de la cámara de combustión, tal como escapa el aire por los casquillos de las válvulas los aros de pistón gastados reducirá la compresión de ese cilindro.

Lo que se debe entender es que el combustible diesel se inflama por el calor generado en la compresión. Si un motor diesel no tiene la adecuada compresión, debido por ejemplo a aros de pistón o casquillos de válvula gastados, el combustible no se quemará completamente y habrá pérdidas de eficiencia. Y la inadecuada compresión también dificultará el arranque del motor.

Las especificaciones de la compresión y de la relación de compresión se usan más para diagnosticar los problemas del motor que en las conversaciones de las ventas de motores.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

POTENCIA AL VOLANTE:

Las dos especificaciones más comunes de la potencia del motor son la potencia neta en Hp y la potencia al volante. Potencia neta en hp es la potencia medida en el pistón antes de que una parte de la potencia haya sido utilizada para mover piezas como el cigüeñal, el turbo cargador y otras. La potencia en el volante es la potencia utilizable disponible en el volante. La potencia en el volante es el término importante para nuestro propósito y se expresa en hp o en (Kw.) del motor.

La potencia se relaciona directamente con la cantidad de trabajo que el motor puede hacer y se emplea para comparar la capacidad de un motor con otro motor.

RPM-REVOLUCIONES POR MINUTO:

Las revoluciones por minuto (RPM) son el número de giros que el cigüeñal y el volante hacen en un minuto. Cada motor tiene una clasificación en RPM, asignada por el fabricante. La clasificación en RPM de un modelo o de un motor dado puede variar de acuerdo a su configuración y su aplicación.

RELACION DE CILINDRADA CON LA POTENCIA:

Esta relación se calcula dividiendo la cilindrada del motor con la potencia al volante.

La relación de la cilindrada con la potencia puede emplearse al comparar tiempos de vida de servicio de un motor, por ejemplo cuándo se compara un motor de 10 lt (600pulg³) que produce 400 hp, con un motor de competencia de 7 lt (450pulg³) que produce 400 hp, se espera que el motor que no es de competencia tenga una vida mayor dado que tiene más robustez y menos desgaste, y el motor de competencia tendría que funcionar más aprisa para generar la misma potencia y pueda tener una vida útil más corta debido al desgaste.

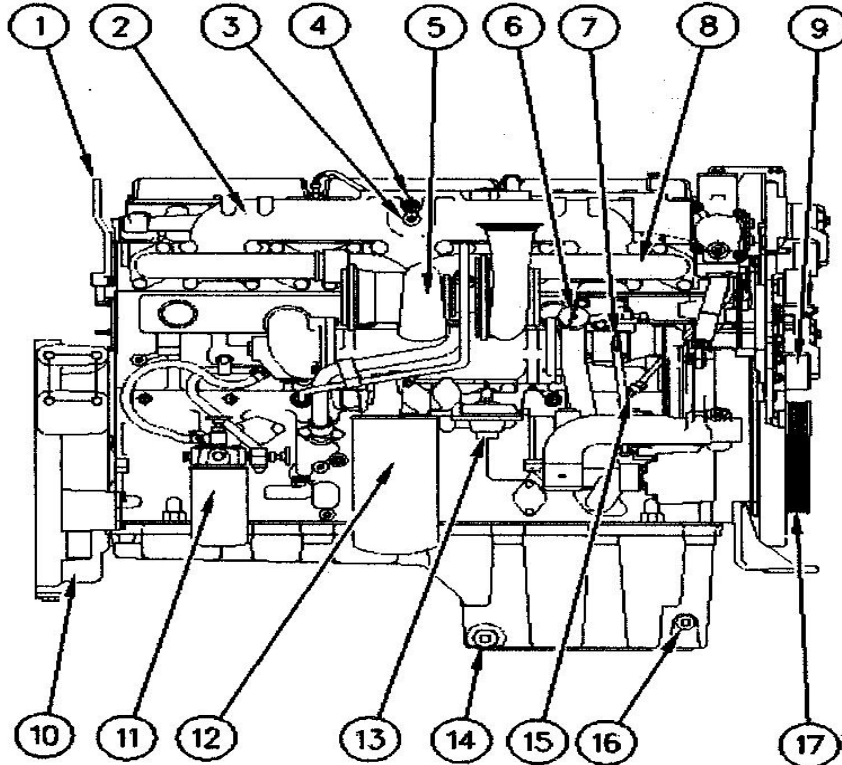
PAR MOTOR Y RESERVA DE PAR:

En términos generales par motor es sinónimo de potencia del motor. La reserva de par es diferente del par motor.

Reserva de par es el aumento de aplicación de tiro pesado. Sencillamente, la reserva de par es la capacidad de sobrecarga del motor. Cuando un motor comienza a sobrecargarse y se reducen las RPM, se aumenta el par o la potencia del motor para que este pueda mantener su velocidad. Por ejemplo cuando un camión de carretera comienza a subir una pendiente pronunciada, el motor comienza a sobrecargarse y el par motor se aumenta o se eleva arrastrando el camión hacia arriba de la pendiente. Lo que sucede realmente es que el combustible entrega al motor una cantidad de combustible ligeramente mayor, creando por tanto un aumento de potencia.

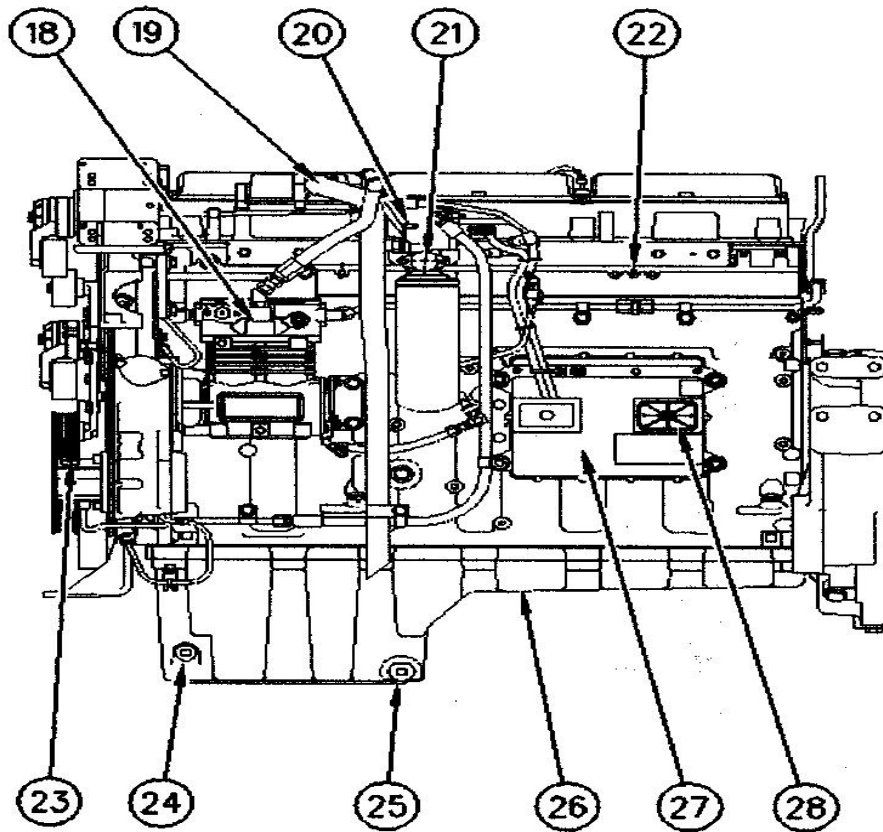


ILUSTRACIONES Y VISTAS DEL MODELO



Vista del Lado Derecho

- (1) Armella de levantamiento
- (2) Múltiple de admisión
- (3) Conexión para el auxiliar de arranque con éter y conexión para la temperatura y presión del múltiple de admisión
- (4) Conexión del reforzador
- (5) Turbocompresor
- (6) Tubo de llenado de aceite
- (7) Indicador de nivel de aceite
- (8) Múltiple de escape
- (9) Tensor de correa
- (10) Caja del volante
- (11) Acondicionador de refrigerante (si lo tiene)
- (12) Filtro de aceite
- (13) Ubicación del montaje de la válvula de derivación del filtro del aceite
- (14) Tapón de drenaje de aceite
- (15) Punto de conexión del sensor de presión de aceite del motor y para muestras de aceite
- (16) Entrada del calentador de aceite
- (17) Polea del cigüeñal y amortiguador de vibraciones



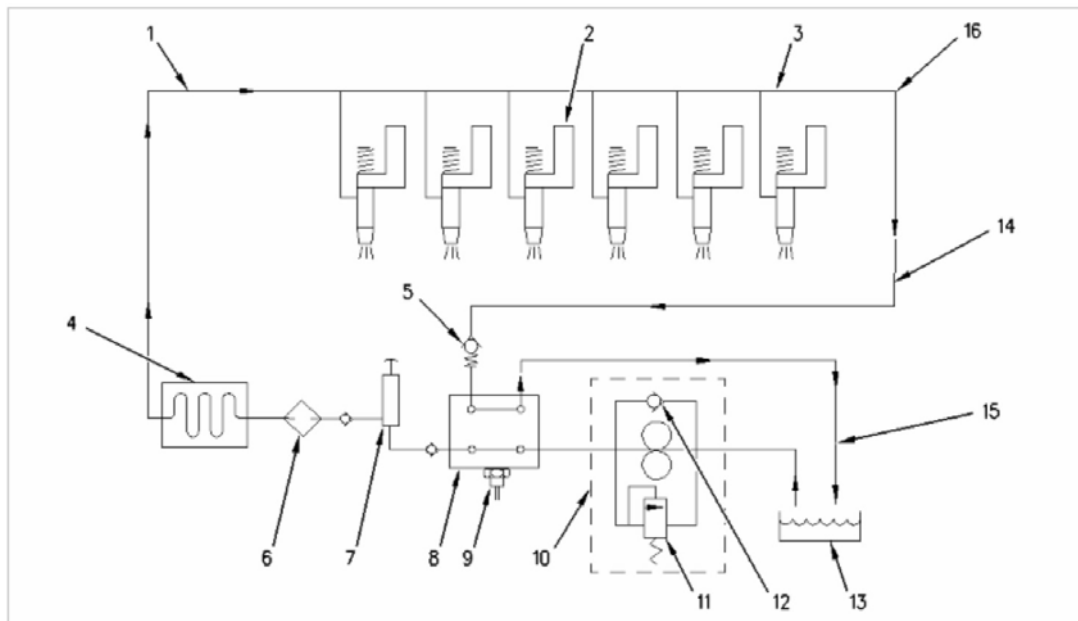
Vista del Lado Izquierdo

- (18) Compresor de aire
- (19) Tubo de eliminación de vapores
- (20) Tornillo de purga de aire
- (21) Bomba de cebado de combustible y filtro de combustible
- (22) Conexión eléctrica a tierra
- (23) Entrada de combustible
- (24) Retorno de derivación de aceite
- (25) Tapón de drenaje de aceite
- (26) Colector de aceite
- (27) Módulo de Control Electrónico (ECM)
- (28) Conexión del ECM para el cliente

**B. TECNOLOGÍA DEL MOTOR DIESEL CATERPILLAR C-10****1. FICHA TÉCNICA.**

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR DE CAMION C-10 (3CS)

Cilindros y configuraciones	Seis cilindros en línea
Calibre (diámetro del pistón)	125 mm (4.9 pulg)
Carrera	140 mm (5.5 pulg)
Cilindrada	10.3 L (629 pulg ³)
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Rotación (extremo del volante)	Hacia la izquierda
Juego de las válvulas (admisión)	0.38 mm (0.015 pulg)
Juego de las válvulas (escape)	0.64 mm (0.025 pulg)
Juego del pistón esclavo del freno retardador Jake	0.64 mm (0.025 pulg)

2. SISTEMA DE INYECCIÓN

Esquema Típico del Circuito del Sistema de Inyección.

- (1) Línea de suministro de combustible
- (2) unidad de inyección
- (3) (colector de combustible) de galería de combustible
- (4) Módulo de Control Electrónico (ECM)
- (5) válvula de regulación de presión
- (6) filtro de combustible secundario
- (7) bomba de cebado de combustible
- (8) bloque de distribución



- (9) sensor de temperatura de combustible
- (10) bomba de transferencia de combustible
- (11) válvula de liberación de presión
- (12) válvula check
- (13) tanque de combustible

El circuito de suministro de combustible es un diseño convencional para motores diesel de inyector de unidad para los que el sistema consta de los siguientes componentes muy importantes que son usados para repartir combustible a baja presión a las unidades de inyección:

- **Tanque de combustible.**- El tanque de combustible se usa para guardar el combustible.
- **Bomba de cebado de Combustible.**- La bomba de cebado de combustible es usada para evacuar el aire fuera del sistema de combustible. Cuando el aire es retirado el sistema se llena con combustible.
- **El filtro de combustible.**- El filtro de combustible es usado para retirar material abrasivo y contaminación del sistema de combustible.
- **Líneas de suministros y líneas de retorno.**-Las líneas de suministros y las líneas de regreso son usadas para repartir el combustible a los diferentes componentes.

El propósito del circuito de suministro de combustible de baja presión es suministrar combustible que ha sido filtrado a los inyectores de combustible en una frecuencia a una presión constante que es continua en el sistema de combustible, también es utilizado para enfriar los componentes como el módulo de control electrónico y los inyectores de combustible.

Los inyectores reciben el combustible a baja presión, el combustible es presurizado otra vez antes de que sea inyectado en el cilindro.

Las unidades de inyección usan energía mecánica que es suministrada por el árbol de levas para que consiga las presiones que pueden exceder los 200,000 kPa (30,000 psi)

El Control de la entrega de combustible es dirigido por el Módulo de Control Electrónico (ECM) del motor. Los datos de varios de los sistemas del motor son recolectados por el ECM y procesados para llevar estos aspectos del control de inyección de combustible:

- Cronometraje de inyección.
- Avance de cronometraje de inyección de combustible.
- Duración de inyección.
- Estado en modo frío del motor.

El sistema de combustible electrónico mecánico depende de una gran cantidad de datos de los otros sistemas del motor. Los datos que son coleccionados por el ECM serán usados para proveer el rendimiento óptimo del motor.

Circuito de suministro de combustible de baja presión

La circulación de combustible a través del sistema comienza en el tanque de combustible (13). El combustible es sacado del tanque por la bomba de transferencia de combustible (10). La bomba de transferencia de combustible incluye una válvula check (12) que permitirá que el combustible fluya alrededor de los engranes de la bomba durante la entrega para preparar el sistema de combustible. La bomba de transferencia de combustible también incluye una válvula de liberación de presión (11). La válvula de liberación de presión es usada para proteger el sistema de combustible de la presión extrema.



La bomba de transferencia de combustible es creada por ingeniería para causar una circulación de combustible excesiva por todo el sistema de combustible. La circulación de combustible excesiva es usada por el sistema para enfriar los componentes de sistema de combustible. La circulación de combustible excesiva también purga cualquier aire del sistema de combustible durante la operación. El aire que puede quedar atrapado en el sistema de combustible puede causar cavitación que puede dañar los componentes de la unidad de inyección.

El combustible se desplaza de la bomba de transferencia de combustible al bloque de distribución (8). Un sensor de temperatura de combustible (9) que es instalado en el bloque de distribución se usa para medir la temperatura del combustible. Una señal que representa la temperatura del combustible es enviada al módulo de control electrónico (ECM) para el procesamiento.

El combustible es bombeado dentro de la base del filtro de combustible. En la mayoría de las aplicaciones, la bomba de cebado de combustible (7) está ubicada sobre la base del filtro de combustible. La base del filtro de combustible también incluye un sifón de pausa que impide que el combustible se escurra del sistema de combustible cuando el motor no está en la operación. La bomba de cebar utiliza una serie de válvulas check para dirigir la circulación de la operación del combustible durante el cebado. Las válvulas check funcionan en la bomba de combustible para producir un bombeado en la acción. Las válvulas de check también previenen que el combustible sea forzado a regresar a la bomba de transferencia. El flujo de combustible va a través del filtro de combustible secundario (6). El combustible filtrado fluye entonces afuera de la base de filtro de combustible.

Si un enfriador de combustible del ECM es instalado en el motor, el combustible es bombeado en el ECM. El combustible se desplaza a través de los pasajes dentro de la caja del módulo de control electrónica enfriando el equipo de control electrónico.

El combustible es transferido por líneas de suministro de combustible (1) cargando combustible en la galería (3) en la cabeza de cilindro o cargando combustible en el colector (3). Solamente una parte del combustible que es proporcionado a los inyectores de combustible es usado para la operación de motor.

El combustible que está sin usar por el motor es suministrado para los propósitos de enfriamiento. Este combustible sin usar es dado de baja en los pasajes de devolución de la galería de combustible. El combustible es devuelto al tanque de combustible por las líneas de devolución de combustible. Una circulación ininterrumpida de combustible es experimentada dentro del sistema de combustible de baja presión.

Durante la operación del motor, los inyectores (2) reciben combustible del sistema de combustible de baja presión. Los inyectores presurizan el combustible a la alta presión. Entonces el combustible es inyectado en el cilindro. El combustible excesivo es devuelto al tanque.

La válvula de regulación de presión (5) está ubicada en el regreso de combustible. La válvula que regula la presión permite que el sistema de combustible de baja presión mantenga una presión continua. Un orificio de control de circulación está ubicado en el regreso de combustible. El orificio de control de circulación mantiene el sistema de presión de retorno constante. El orificio permite que la circulación del combustible a través del sistema sea continua. Esto previene el calentamiento excesivo del combustible.

Calentadores de Combustible

Los calentadores de combustible ayudan a prevenir el taponamiento de los filtros de combustible por el clima frío. Este tapado es llamado encerar. En las condiciones ambientales frías, el motor frío no dispersa suficiente calor en el sistema de combustible para impedir el encerado en los filtros.

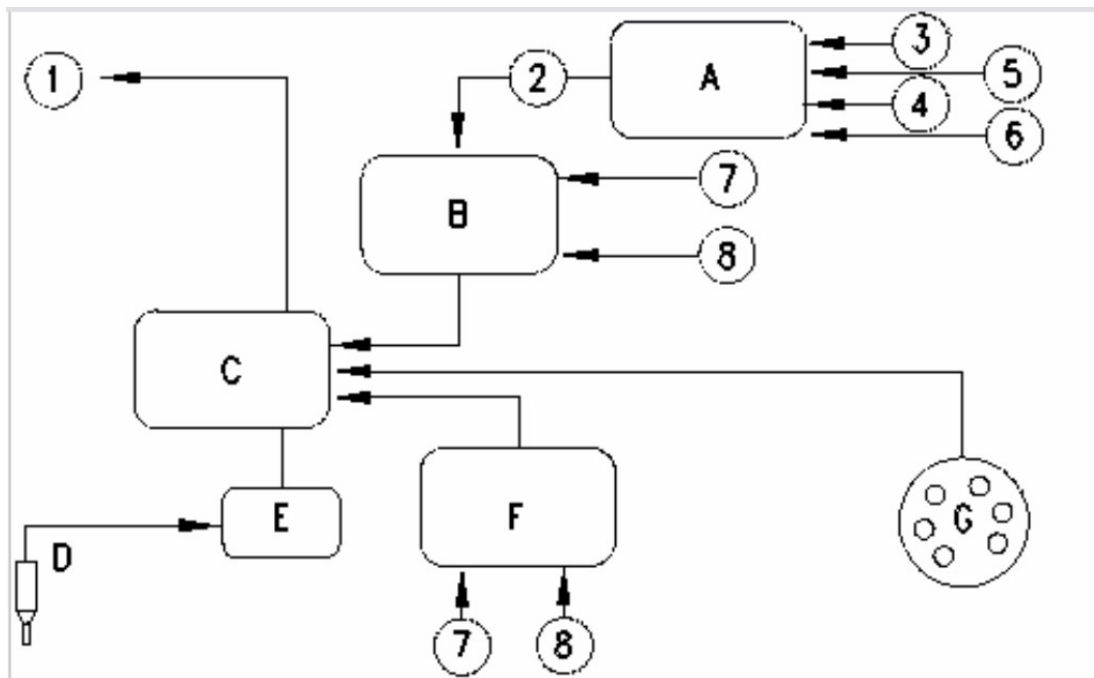


Calentadores que no son controlados con un termostato puede calentar el combustible a una temperatura superior a 65° C (149° F). Las temperaturas excesivas en el sistema de combustible reducen drásticamente la eficiencia del motor. La confiabilidad del sistema de combustible también es afectado por las temperaturas de combustible altas.

Nota: nunca use los calentadores de combustible sin ningún tipo de regulador de temperatura. Asegure que los calentadores de combustible estén apagados durante las condiciones de tiempo cálido.

Circuito del Control Electrónico del Sistema de Combustible

El circuito del control electrónico del sistema de combustible puede ser visto como dos circuitos de control distintos: la lógica de control de motor y el control electrónico del gobernador. Haga referencia a la ilustración siguiente para típicos ejemplos de la lógica de control de motor y refiera la ilustración posterior para típicos ejemplos del control electrónico del Gobernador.

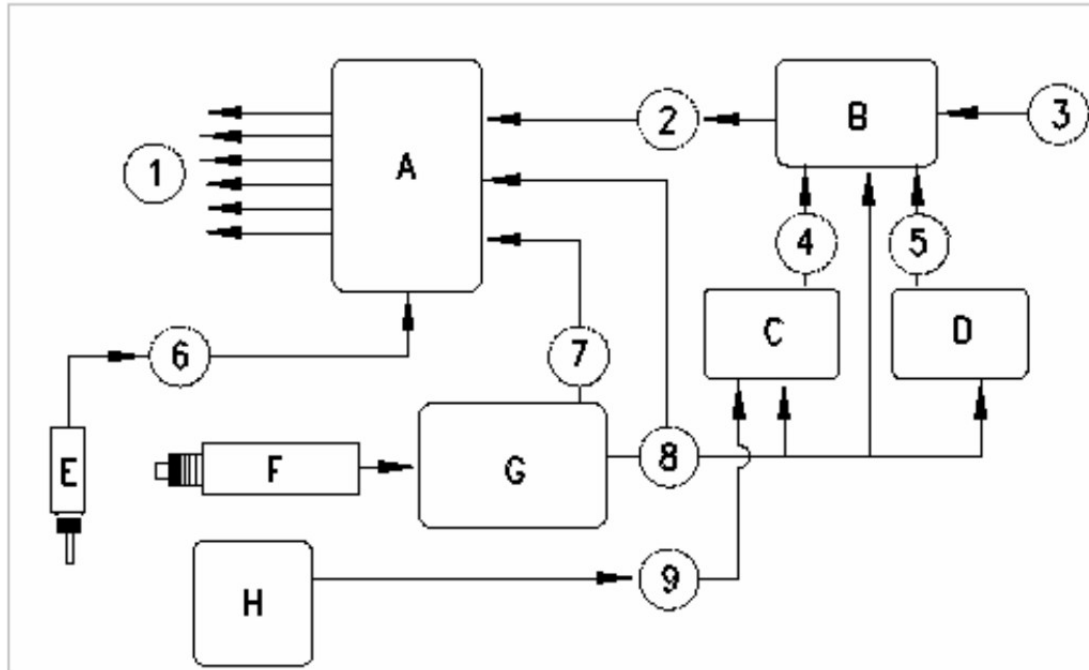


Lógica para control de velocidad de motor (aplicaciones de camión)

- (A) Lógica para crucero/PTO
- (B) Control para crucero/PTO
- (C) Control lógico del motor
- (D) Sensor de temperatura de refrigerante
- (E) Modo de operación en frío
- (F) Parámetros del cliente
- (G) Sensor de posición del pedal del acelerador
- (1) Señal para permitir el retardador de motor
- (2) Control crucero (mph) o PTO (rpm)
- (3) Embrague de transmisión/pedal de freno
- (4) Interruptor del control de crucero fijar/reanudar
- (5) Interruptor del control crucero prendido/apagado
- (6) Interruptor PTO prendido/apagado



- (7) Velocidad del vehículo mph
(8) Velocidad del motor (rpm)



Control electrónico para Gobernador (aplicaciones de camión)

- (A) Control de inyección de combustible
(B) Gobernador electrónico
(C) Relación de control de proporción de combustible
(D) Relación de Torque
(E) Sensor de temperatura del refrigerante
(F) Sensor de velocidad/tiempo del motor
(G) Intérprete de señal de velocidad de motor
(H) Sensor de presión de carga
(1) Señal de unidad de inyección
(2) Paso de combustible
(3) Velocidad del motor deseada (rpm)
(4) Paso de combustible FRC
(5) Evaluación del paso de combustible
(6) Temperatura del refrigerante
(7) Máximo centro para el cilindro numero uno
(8) Velocidad del motor (rpm)
(9) Presión de carga

Controles Electrónicos

Hay dos componentes muy importantes del sistema de control electrónico que son necesarios para poder controlar los inyectores de combustible electrónico mecánicos que son:

- El ECM
- El Módulo de personalidad (Almacenamiento para el archivo de flash del ECM)



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

El ECM es la computadora que es usada para suministrar el control para todos aspectos de la operación de motor. El módulo de personalidad contiene el software que define las características del control de motor. El módulo de personalidad contiene los mapas operativos. Los mapas operativos definen las siguientes características del motor:

- Caballos de fuerza.
- La curva del par de torsión.
- Velocidad del motor (rpm).
- Otras características.

El ECM, el módulo de personalidad, los sensores del motor, y los inyectores de combustible trabajan en conjunto para controlar el motor. Ninguno de los cuatro puede controlar el motor por si solo.

El ECM mantiene la velocidad de motor deseada intuyendo la velocidad de motor verdadera. El ECM calcula la cantidad de combustible que tiene que ser inyectado para conseguir la velocidad de motor deseada

Inyección de combustible

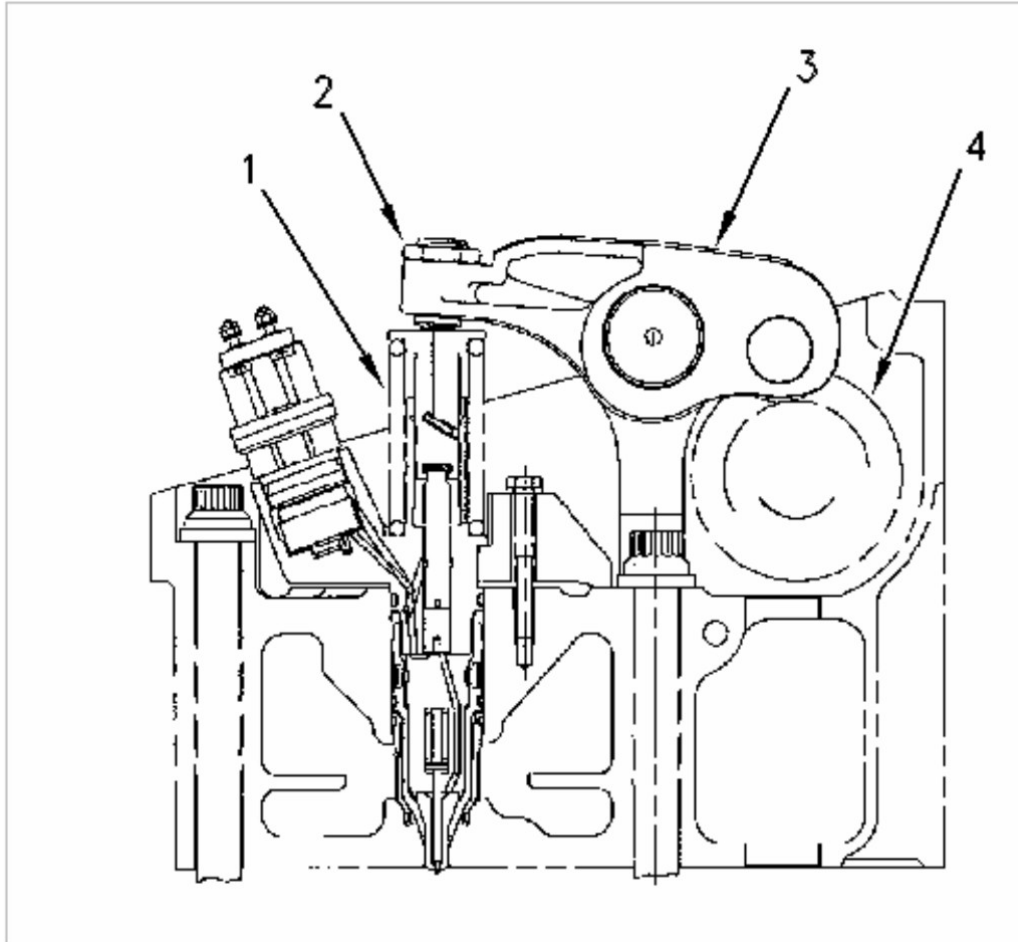
El ECM controla la cantidad de combustible que es inyectado que variando la señal a cada uno de los inyectores de combustible. Las unidades de inyección inyectarán combustible solamente mientras el solenoide del inyector está energizado. El ECM envía una señal de 105 voltios al solenoide para dar energía al solenoide del inyector. Controlando la señal de 105 voltios, el ECM controla el tiempo de inyección. Controlando la duración de la señal de 105 voltios, el ECM controla la cantidad de combustible que es inyectado.

El ECM pone ciertos límites sobre la cantidad de combustible que puede ser inyectado. El paso de combustible FRC es un límite que está basado en la presión de carga para controlar las emisiones de la mezcla de aire de combustible. Cuando el ECM detecta un aumento en la presión de carga, el ECM incrementa el paso de combustible FRC. El paso de combustible evaluado es un límite que está basado en la clasificación de caballos de fuerza para el motor. El paso de combustible evaluado es similar a los racks de freno y al resorte de torsión en un motor mecánicamente gobernado. El paso de combustible evaluado suministra los caballos de fuerza y la curva del par de torsión específica para la familia del motor. El paso de combustible evaluado suministra el caballo de fuerza y la curva del par de torsión para una clasificación de caballos de fuerza específica. Los límites son programados por la fábrica en el módulo de personalidad. Los límites no son programables en el campo.

El tiempo de inyección depende de los siguientes parámetros de motor: la velocidad de motor, la carga del motor y los otros datos de motor. El ECM detecta el punto máximo superior del cilindro número uno la señal de proveída por los sensores de velocidad/tiempo de motor. El ECM determina cuándo debe ocurrir la inyección tomando en cuenta el punto máximo superior. El ECM provee de la señal al inyector de combustible en el tiempo justo.



Mecanismo del Inyector de Combustible



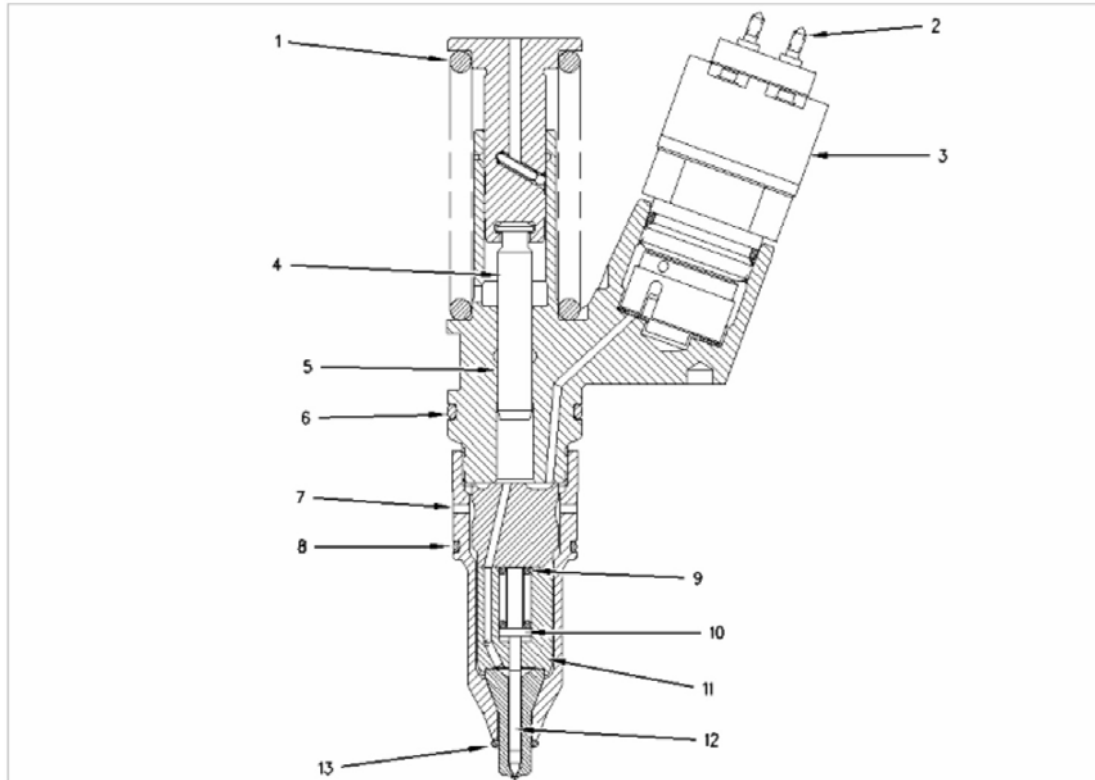
Mecanismo del inyector de combustible.

- (1) Inyector de combustible
- (2) Tuerca de ajuste
- (3) Ensamble de brazo de balancín
- (4) Árbol de levas.

El mecanismo del inyector de combustible provee la fuerza descendente que es requerida para presurizar el combustible en el inyector. Cuando una señal es recibida del ECM, la unidad de inyección (1) inyecta el combustible presurizado en la cámara de combustión. El engrane del árbol de levas es impulsado por un engrane libre que es movido a través del tren de marcha frontal por el engrane del cigüeñal. Los engranes del tren de marcha frontal son elementos esenciales que deben ser alineados para suministrar la relación correcta entre el pistón y el movimiento de la válvula. Durante el ensamble del tren de marcha frontal, debe tenerse mucho cuidado para alinear correctamente las marcas del tiempo de los engranes. El árbol de levas tiene tres lóbulos para cada cilindro. Dos lóbulos operan las válvulas de admisión y escape, y uno opera el mecanismo del inyector de combustible. La fuerza es transferida por el lóbulo del inyector de combustible en el árbol de levas (4) a través del ensamble de brazo de balancín (3) a la parte alta del inyector de combustible. La tuerca de ajuste (2) permite fijar el ajuste del inyector de combustible.



Inyector de Combustible



Inyector de combustible electrónico mecánico

- (1) Resorte
- (2) Terminal del Solenoide
- (3) Ensamble de la válvula del Solenoide
- (4) Émbolo
- (5) Barril
- (6) Sello
- (7) Puerto de relleno
- (8) Sello
- (9) Resorte
- (10) Espaciador
- (11) Cuerpo
- (12) Válvula check
- (13) Sello

Combustible a baja presión desde la galería de combustible (colector de suministro) hasta la entrada en el inyector de combustible en el puerto de relleno a través de los pasajes en la cabeza del motor.

Cuando el mecanismo del inyector de combustible transfiere la fuerza a la parte alta del inyector, el resorte (1) es comprimido y el émbolo (4) es llevado hacia abajo. Esto causa que el combustible sea desplazado a través de la válvula, en el ensamble de válvula de solenoide (3), y en el puerto de retorno de combustible de la cabeza de motor. Cuando el émbolo continúa el movimiento hacia abajo, el pasaje de combustible en el barril (5) es cerrado por el diámetro exterior del émbolo. Los pasajes a la boquilla del inyector dentro de cuerpo (11) y a lo largo de válvula check (12) son llenados con el combustible que



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

es desplazado por el émbolo. Después los pasajes del combustible entre el émbolo y el barril son cerrados, el combustible puede ser inyectado en cualquier momento. Las características del ciclo de inyección dependen del software del ECM.

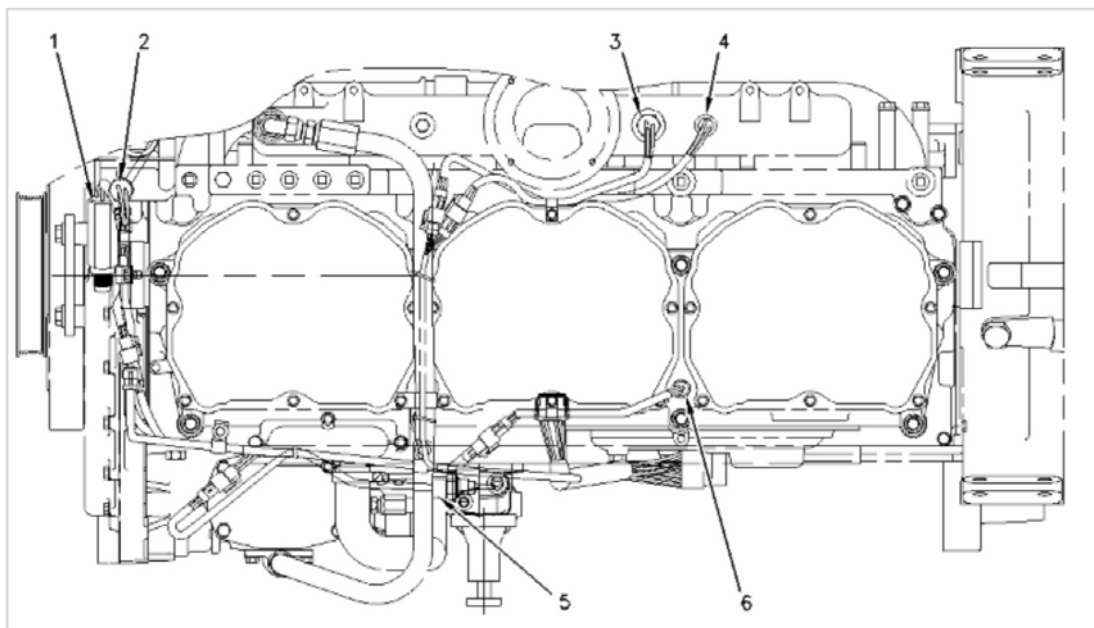
Cuando el ensamble de la válvula del solenoide (3) es energizado por una señal a través de la terminal del solenoide (2), la válvula de solenoide se cierra y la presión en la boquilla del inyector aumenta. La inyección comienza en 37,931 kPa (5,500 psi) cuando la fuerza del resorte (9) es vencida.

Esto causa que la válvula check aumente del asiento de válvula. La presión continúa aumentando en el ciclo del émbolo hasta la carrera completa del este. Después la cantidad correcta de combustible es descargada en el cilindro, el ECM interrumpe la señal de 105 voltios. El ensamble de la válvula del solenoide es des-energizada y la válvula de solenoide es abierta. El combustible de alta presión es desechado a través del puerto de derrame y en el puerto de retorno de combustible de la cabeza del motor. La válvula check se asienta en la boquilla del inyector. La inyección ha terminado cuando la presión de combustible disminuye a 25,517 kPa (3,700 psi).

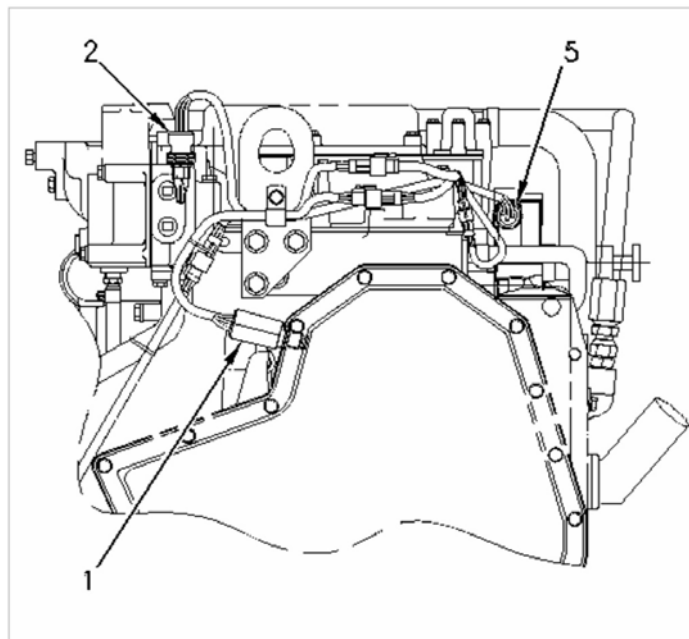
La duración de la inyección determina la cantidad de combustible que es inyectado en el cilindro. La duración de inyección es controlada por la lógica del Gobernador que es programada en el ECM.

Cuando el mecanismo del inyector de combustible empieza a retraerse, la fuerza en la parte superior del inyector de combustible es retirada cuando el resorte (1) se expande. El émbolo regresa al punto original. Cuando el émbolo se retracta, un vacío es creado en el barril del inyector. Este jala combustible al barril que rellena la cavidad preparando el próximo ciclo de inyección.

Componentes del Sistema de Control Electrónico

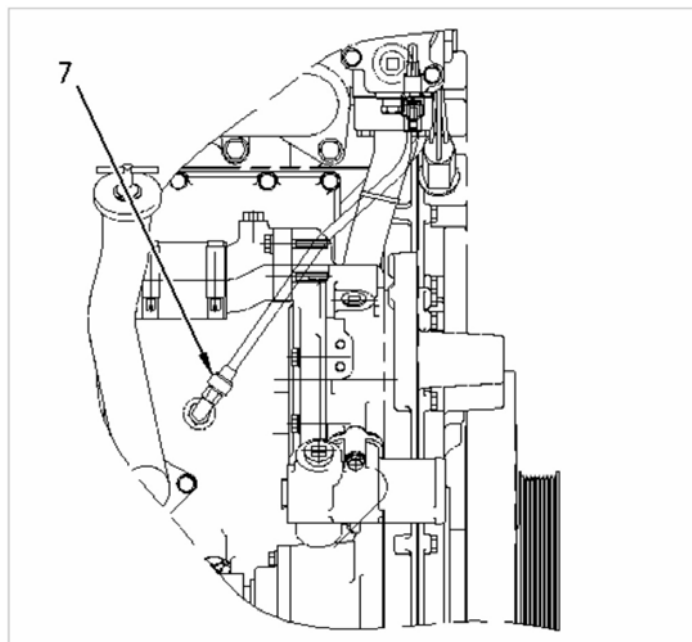


- (1) Sensor de velocidad o sensor de tiempo
- (2) Sensor de temperatura del refrigerante
- (3) Sensor de temperatura de entrada del aire
- (4) Sensor de Carga
- (5) Sensor de temperatura de combustible
- (6) Sensor de presión atmosférica



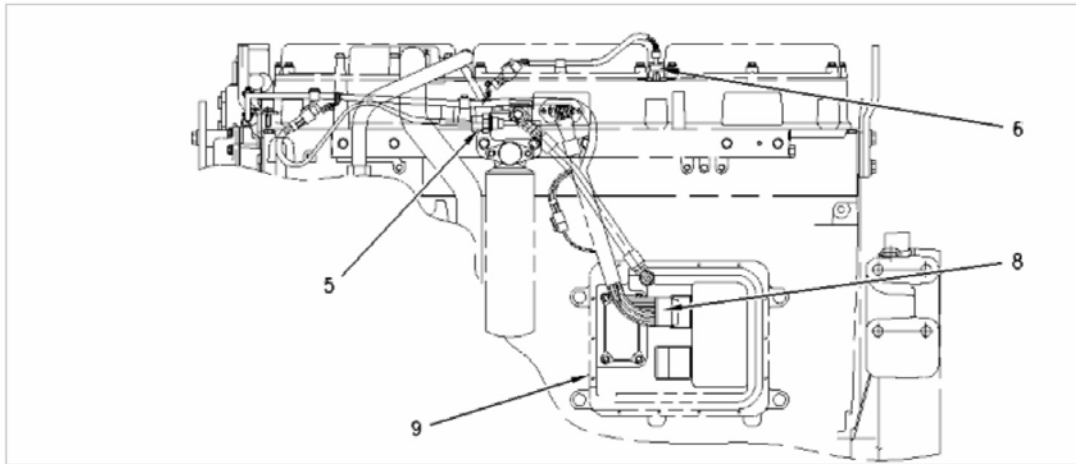
Vista Frontal

- (1) Sensor de velocidad o sensor de tiempo
- (2) Sensor de temperatura del refrigerante
- (5) Sensor de temperatura de combustible



Vista Lado Derecho

- (7) Sensor de presión de aceite



Vista Lado Izquierdo

- (5) Sensor de temperatura de combustible
- (6) Sensor de presión atmosférica
- (8) Arnés de cableado de motor
- (9) Módulo de Control Electrónico (ECM)

El sistema de control electrónico tiene los siguientes componentes principales: (1)

- Sensor de velocidad o sensor de tiempo (2)
- Sensor de temperatura del refrigerante (3)
- Sensor de temperatura de entrada del aire (4)
- Sensor de carga (5)
- Sensor de temperatura de combustible (6)
- Sensor de presión atmosférica (7)
- Sensor de presión de aceite (8)
- Arnés de cableado de motor (9)
- Módulo de Control Electrónico (ECM)
- Sensor de posición montado en el acelerador

El sistema de control electrónico es diseñado integralmente en el sistema de combustible y en el sistema de admisión de aire y escape de gases del motor para controlar la entrega de combustible y el tiempo de inyección electrónicamente. El sistema de control electrónico provee control de tiempo incrementado y control de proporción de aire de combustible en comparación con motores mecánicos convencionales. El tiempo de inyección es conseguido por el control preciso del tiempo de disparo del inyector, y las rpm del motor son controladas por el ajuste de la duración del disparo. El ECM da energía al solenoide en el inyector para empezar la inyección de combustible. También, el ECM desenergiza el solenoide del inyector para detener la inyección de combustible. El motor usa los siguientes tres tipos de componentes electrónicos:

- Entradas
- Control.
- Salida.

Un componente de entrada es uno que envía una señal eléctrica al módulo de control electrónico del sistema. La señal que es enviada varía en el voltaje o la frecuencia. La variación de la señal es en



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

respuesta a un cambio en algún sistema específico del vehículo. El módulo de control electrónico ve las señales de los sensores de entrada como información acerca de las condiciones, ambiente, o la operación del vehículo.

Un componente de control recibe las señales de entrada. Dentro del circuito electrónico el control evalúa las señales de los componentes de entrada. Estos circuitos electrónicos también proporcionan la energía eléctrica a los componentes de salida del sistema. La energía de eléctrica que es suministrada a los componentes de salida está basada en las combinaciones predeterminadas de valores de la señal de entrada.

Un componente de salida es uno que es operado por un módulo de control. El componente de salida recibe la energía eléctrica del grupo de control. El componente de salida usa esa energía eléctrica en una de dos maneras. El componente de salida puede usar esa energía eléctrica en orden para efectuar el trabajo. El componente de salida puede usar esa energía eléctrica para proveer la información.

1. Un movimiento del émbolo del solenoide llevará a cabo el trabajo. Llevando a cabo el trabajo, el componente ha funcionado para regular el vehículo.
2. Una luz del panel de mando o una alarma proveerán la información al operador del vehículo.

Estos componentes electrónicos proveen la habilidad de controlar la operación de motor electrónicamente. Los motores con controles electrónicos brindan las siguientes ventajas:

- Mejora en el rendimiento
- Mejora en el consumo de combustible
- Reducción en los niveles de emisiones

3. EMISIONES

El rendimiento y las emisiones están garantizados por Caterpillar en su póliza de garantía que a continuación presentamos.





INDUSTRIAL ENGINE RATING GUIDE

Specifications

		C-10	
Bore x Stroke	mm (in)	125 x 140	(4.9 x 5.5)
Displacement	liter (cu. in)	10.3	(629)
Ship Weight	kg (lbs)	930	(2050)
Approximate Dimensions:			
Length	mm (in)	1287	(50.7)
Width	mm (in)	918	(36.1)
Height	mm (in)	1078	(42.4)

C-10 RATINGS In-Line 6*

A Rating (Continuous)			B Rating			C Rating (Intermittent)			D Rating			E Rating		
bkW	bhp	rpm	bkW	bhp	rpm	bkW	bhp	rpm	bkW	bhp	rpm	bkW	bhp	rpm
ATAAC														
231	310	1800-	250	335	1800-	272	365	1800-	291	390	1800-	317	425	1800-
		2100			2100			2100			2100			2100
ATAAC (water-cooled exhaust)														
—	—	—	—	—	—	242	325	1800-	272	365	2100	—	—	—

C-10 AG RATINGS In-Line 6*

bkW	bhp	rpm
ATAAC		
272	365	2100

 EPA Certified

Abbreviations used:
ATAACAir-to-Air Aftercooled

* C-10 ratings Meet Tier 2, Stage II emissions requirements. Tier 2 refers to EPA (U.S.) standards. Stage II refers to European standards.



CPD C-12 TRUCK ENGINE Operación y Mantenimiento

Número de publicación SSBU7186-03 Fecha de publicación 2001/02/01 Fecha de actualización 2001/05/15

Garantía de cumplimiento federal de control de emisiones

Código SMCS: 1000

Garantía de emisiones

Caterpillar Inc. garantiza al propietario inicial y al propietario posterior de un motor diesel (que propulsa un camión/vehículo de carreteras) que dicho motor:

1. Es diseñado, fabricado y equipado de forma que cumple, en el momento de su venta, con todas las normas aplicables adoptadas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA).
2. Está libre de defectos de material o de manufactura en aquellas piezas relacionadas específicamente con emisiones por un periodo de 60 meses, 161.000 km (100.000 millas) o 3.000 horas de operación, lo que ocurra primero, a partir de la fecha de entrega al propietario inicial.

Si una pieza relacionada con las emisiones falla durante el periodo de garantía, será reparada o reemplazada. Una pieza de ese tipo, reparada bajo garantía, estará garantizada por el resto del periodo de garantía.

Bajo los términos de esta garantía, Caterpillar Inc. proporcionará por medio de un distribuidor Caterpillar o de otro establecimiento que Caterpillar autorice, la reparación o el reemplazo de cualquier pieza que esté bajo garantía sin que el propietario del motor incurra en ningún gasto.

En caso de emergencia, las reparaciones se llevarán a cabo por cualquier establecimiento de servicio o por el propietario, usando cualquier pieza de repuesto.

Caterpillar Inc. reembolsará al propietario por sus gastos, incluyendo el costo del diagnóstico, en una reparación de emergencia. Estos gastos no podrán sobrepasar el precio al consumidor sugerido por Caterpillar Inc. para todas las piezas bajo garantía que se reemplacen y los cargos por mano de obra se basarán en el tiempo recomendado por Caterpillar Inc. para la reparación bajo garantía y la tarifa de mano de obra apropiada para esa zona geográfica.

Como condición para el reembolso, se deben presentar las piezas que se han reemplazado y las facturas en las oficinas de un distribuidor Caterpillar o en otro establecimiento autorizado por Caterpillar Inc.

Limitaciones y responsabilidades

La garantía está sometida a lo siguiente:

Responsabilidades de Caterpillar Inc.

Durante el periodo de garantía de emisiones, si se encuentra un defecto de material o de manufactura en una pieza o componente relacionado con las emisiones, Caterpillar Inc. suministrará:

- * Piezas y/o componentes nuevos, Remanufacturados o reparados, aprobados de acuerdo con las



Copyright 1991, 2007 Caterpillar Inc. All Rights Reserved.

Page 2 of 2

Regulaciones de EPA, necesarios para corregir el defecto.

Nota: Los artículos reemplazados bajo esta garantía se convierten en propiedad de Caterpillar Inc.

* Costo por mano de obra razonable y acostumbrado, durante las horas normales de trabajo, necesario para llevar a cabo la reparación de garantía. Esto incluye el trabajo de remoción e instalación del motor, si es necesario.

Responsabilidades del propietario

Durante el periodo de garantía de emisiones, el propietario es responsable por lo siguiente:

- * El costo de mano de obra por horas extraordinarias a menos que sea esencial para evitar la pérdida de productos perecederos.
- * Los costos de la investigación de quejas que no han sido causadas por un defecto de material o de manufactura de Caterpillar Inc.
- * Dar aviso oportuno de una avería cubierta por la garantía y hacer que el producto esté rápidamente disponible para repararlo.

Limitaciones

Caterpillar Inc. no es responsable por daños que ocurran a una pieza o componente relacionado con emisiones como resultado de:

- * Cualquier aplicación o instalación que a juicio de Caterpillar Inc. sea indebida.
- * Aditamentos, accesorios y piezas que Caterpillar Inc. no vende ni aprueba.
- * Mantenimiento, reparación o abuso inadecuado del motor para camiones.
- * Demora injustificable del propietario en poner el producto a disposición de Caterpillar Inc. habiendo sido notificado del problema potencial del producto en cuestión.

Esta garantía es una adición a la garantía estándar de Caterpillar Inc. aplicable al motor para camiones de que se trate.

Las compensaciones a que obliga la presente garantía se limitan expresamente al suministro de material y servicios, tal como se ha indicado en este documento. Caterpillar Inc. no se hace responsable por daños y perjuicios indirectos o derivados.

Copyright 1991, 2007 Caterpillar Inc.
All Rights Reserved.



C. SISTEMAS EGR

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EGR

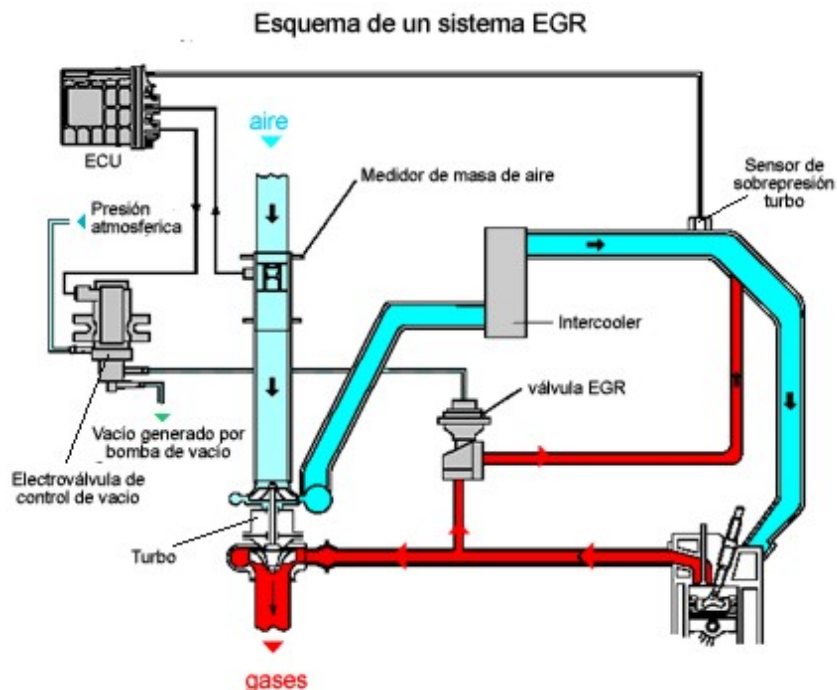
En los gases de escape de los motores diesel nos encontramos con los siguientes contaminantes:

- Los hidrocarburos (HC).
- El oxido de carbono (CO).
- Las partículas por reacción química de oxidación.
- El oxido de nitrógeno (Nox).

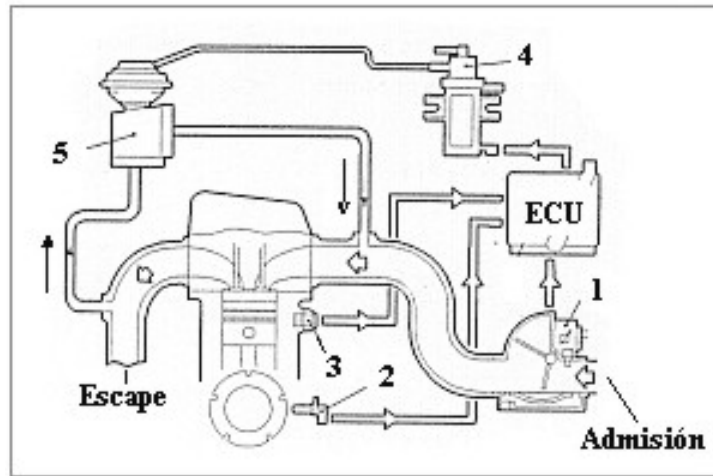
De los tres primeros contaminantes se encarga de reducirlos el catalizador de oxidación. El oxido de nitrógeno no se ve afectado por la instalación de un catalizador por lo que dicho contaminante hay que tratarlo antes de que llegue al escape. Esta es la razón por la que se utiliza el sistema EGR en los motores.

Para reducir las emisiones de gases de escape, principalmente el oxido de nitrógeno (Nox), se utiliza el Sistema EGR (Exhaust gas recirculation) que reenvía una parte de los gases de escape al colector de admisión, con ello se consigue que descienda el contenido de oxígeno en el aire de admisión que provoca un descenso en la temperatura de combustión que reduce el oxido de nitrógeno (Nox). Un exceso de gases de escape en el colector de admisión, aumentaría la emisión de carbonilla. Cuando debe activarse el sistema EGR y cual es la cantidad de gases de escape que deben ser enviados al colector de admisión, es calculado por la ECU, teniendo en cuenta el régimen motor (RPM), el caudal de combustible inyectado, el caudal de aire aspirado, la temperatura del motor y la presión atmosférica reinante.

Normalmente el sistema EGR solamente esta activado a una carga parcial y temperatura normal del motor.



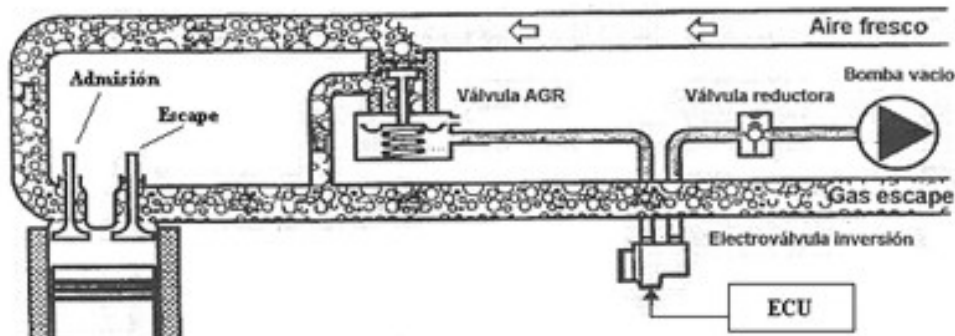
En la figura se ve un sistema EGR gases montado en un motor atmosférico a diferencia del anterior.



- 1- Medidor de masa de aire.
- 2- Sensor de revoluciones (RPM).
- 3- Sensor de temperatura.
- 4- Convertidor EGR. (Electro válvula de control de vacío)
- 5- Válvula EGR.

De acuerdo con los datos obtenidos, la ECU actúa sobre una válvula electro válvula controladora de vacío (convertidor EGR). Esta válvula da paso o cierra la depresión procedente de la bomba de vacío. De esta forma la válvula de recirculación de gases (válvula EGR) abre o cierra permitiendo o no la recirculación de gases del colector de escape al colector de admisión.

En la figura inferior se ve un sistema EGR montado en otro tipo de motor: de acuerdo con los datos obtenidos, la unidad de mando ECU actúa sobre la "válvula inversora" electro neumática. Esta válvula da paso o cierra la depresión que genera la "bomba de vacío", de esta forma la "válvula EGR" abre o cierra el circuito de recirculación de gases de escape.



Válvulas EGR

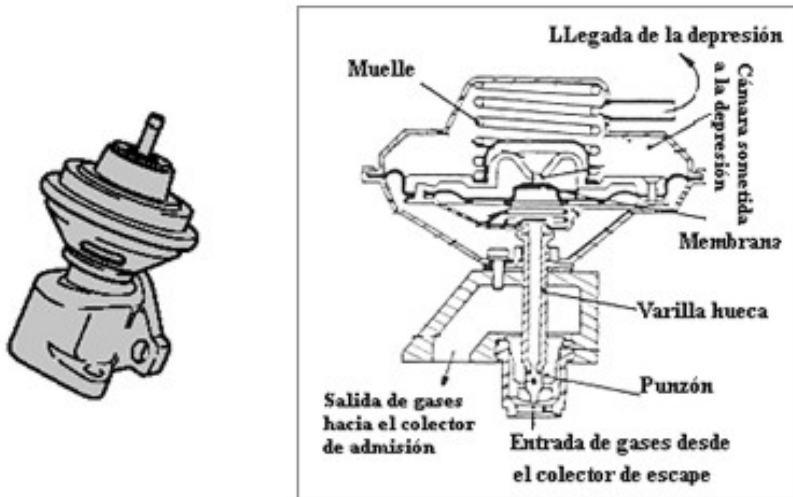
La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión, y se clasifican según su funcionamiento en: "neumáticas" y "eléctricas".

Neumáticas: Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón. La varilla esta acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la

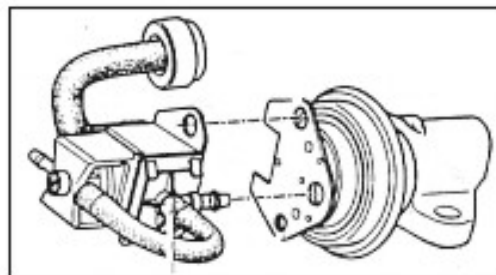


CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle. Para controlar la depresión que actúa sobre las válvulas EGR necesitamos de otra válvula separada en este caso eléctrica que será controlada por la ECU. En los esquemas estudiados anteriormente la válvula que controla la depresión o vacío sobre la válvula EGR serían en el primer esquema el "Convertidor EGR" y en el segundo esquema la "Electro válvula de inversión".

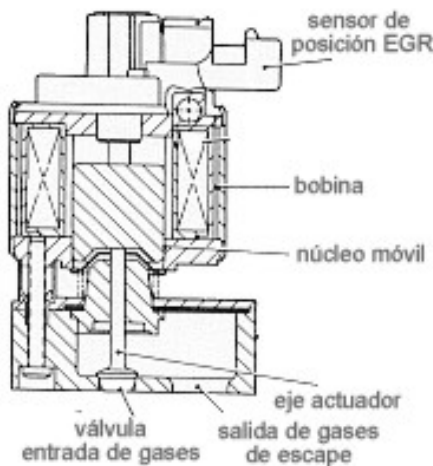


Hay otros sistemas EGR en los que la Válvula EGR y la electro válvula que controla la depresión o vacío (Convertidor EGR) van juntas es decir forman la misma pieza por lo que se simplifica el sistema como se ve en la figura inferior:

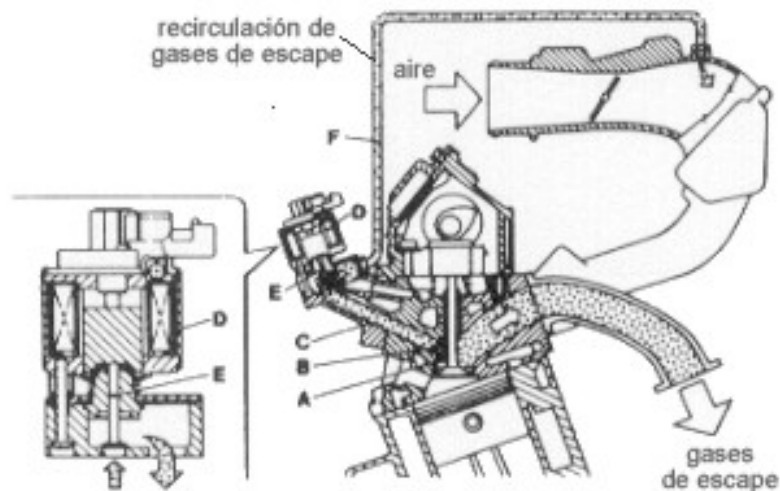


Eléctricas: Las válvulas EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento por lo que trabajan de forma autónoma. Estas válvulas actúan de una forma muy similar al dispositivo "variador de avance de inyección" que utilizan las "bombas electrónicas" que alimentan a los motores de inyección directa diesel (TDi). Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape. El mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por la UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor.

La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor en su interior que informa a la UCE en todo momento, la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape. Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector. Interviene con temperatura líquido motor 55°C , temperatura aire aspirado $> 17^{\circ}\text{C}$ y régimen motor incluido entre 1500 y 5600 (según las características del motor).



Durante la intervención del sistema EGR, los gases de escape "B" son interceptados y canalizados a través del conducto "C" hacia la válvula "D", que gobernada por la centralita, levanta la válvula "E" permitiendo que los gases de escape sean canalizados hacia la admisión a través del conducto "F".



2. SISTEMA PACCOLD EGR

El uso de un filtro de partículas permanente en el escape permite el uso de un muy simplificado sistema (EGR) por la inyección EGR enfriada directamente en la entrada del turbo compresor, ahora esto es posible, porque el EGR a sido filtrado y limpiado lo suficientemente al entrar al compresor y al pos enfriador sin el riesgo de contaminación. Este bucle de baja presión (LPL) por sus siglas en ingles, del sistema EGR usa gases de escape que han sido filtrados, esto preserva el rendimiento del turbo cargador porque todos los gases de escape son utilizados en la turbina y se requiere menos enfriamiento del EGR. Además de lo antes dicho, integrando la baja emisión de oxido de nitrógeno del motor de combustión dual con un filtro de partículas diesel (DPF) y el 20% de EGR, deben lograr un nivel de oxido de nitrógeno de 0.5 g/hp-h, asumiendo la disminución en un 4% de NOx, que fue lograda



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

con un 1% de EGR. Esta propuesta es llamada “Pasivo, limpio y frío” EGR porque esto no está provisto como un reductor de emisiones. El sistema es demostrado esquemáticamente en la siguiente figura.

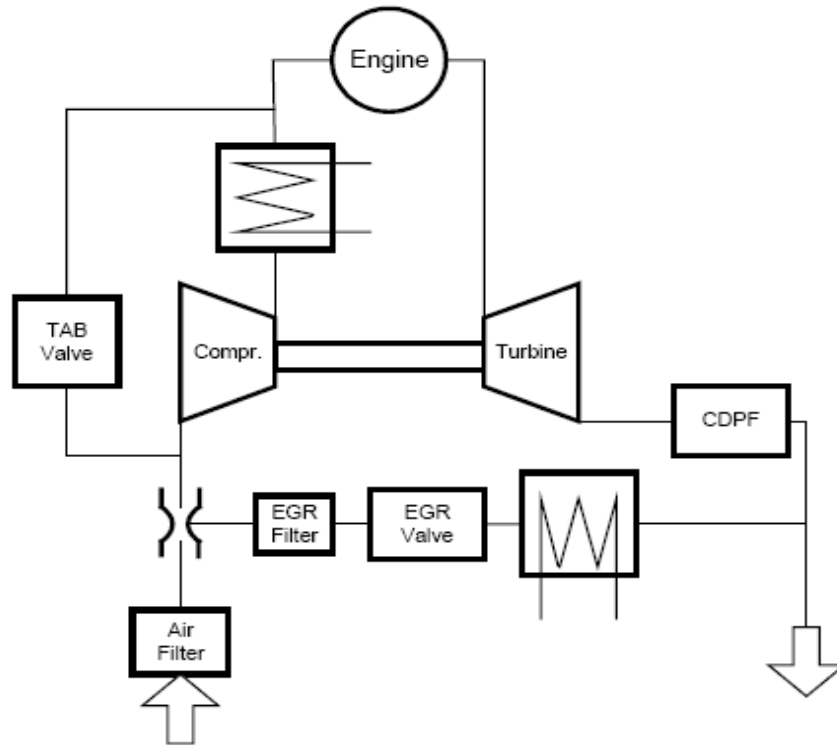


Figura 12: Esquema PACCOLD EGR

El sistema PACCOLD-EGR (Figure 12) consta de lo siguiente:

- Catalizador DPF Engelhard DPX
- Enfriador EGR, diseñado y fabricar por CAP
- Ensamble Venturi, diseñado y fabricado por CAP
- Filtro EGR

Los sistemas EGR usados en la práctica son principalmente sistemas externos, cualquier, el de bucle de alta presión (HPL) o el sistema LPL.

El sistema EGR HPL requiere cualquiera de los siguientes: una entrada de admisión tipo venturi, incluyendo un bypass de avance para forzar los gases de escape en el sistema de admisión porque la presión de impulso es más alta que la presión de retorno de los gases de escape, o válvulas check para usar la presión pulsante de los gases de escape en el múltiple de escape.

El sistema EGR LPL usa un filtro de partículas para proteger la rueda de compresor de partículas. La obtención del EGR es desde una ubicación de pre- turbina, el sistema EGR LPL usa gases de escape que han sido filtrados. Esta configuración protege el rendimiento del turbocompresor admitiendo el uso de todos los gases de escape en la turbina y requiriendo menos enfriamiento del EGR. Al recircular los gases de escape son lanzados hacia atrás contra la corriente del compresor; Por lo tanto, el sistema EGR LPL consigue la mejor mezcla de gases de escape y aire fresco basado en el proceso eficiente de la mezcla de los dos gases dentro del compresor. El sistema LPL usa un filtro de partículas pasivo regenerativo.



Filtro Catalizador de Partículas

El rendimiento y la confiabilidad del filtro de partículas son cruciales para el éxito del PACCOLD - EGR. El filtro catalizador de hollín Engelhard DPX fue seleccionado para este proyecto. El DPX ha sido valorado y demostrado en camiones y autobuses por más de un año.

El filtro DPX es un filtro catalizador de flujo de pared cerámico. Usa una función doble el catalizador de platino combinado con un catalizador de óxido de metal básico. La capa del catalizador es impregnada en las paredes porosas del elemento de filtro. La figura 40 indica un esquema del circuito de un Filtro Catalizador de Partículas (CPF). La función del catalizador en el CPF es bajar la temperatura del hollín de la combustión para facilitar la regeneración del filtro por oxidación de PM bajo las temperaturas de gases de escape operativas normales.

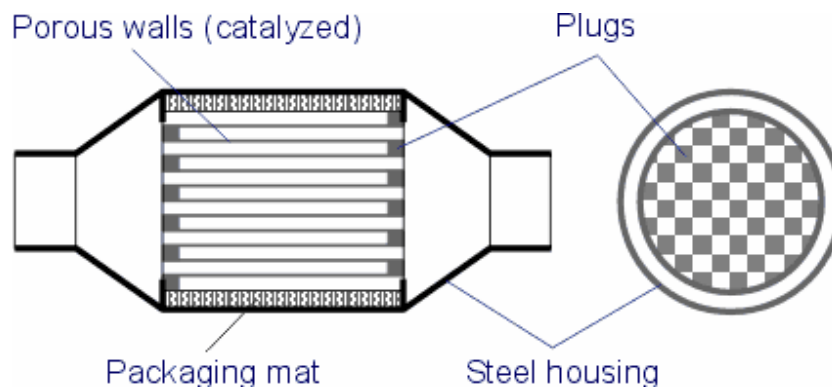


Figure 40: Esquema del Filtro Catalizador de Partículas Cerámico (Cortesía de DieselNet Technology Guide)

Temperaturas de los gases de escape y nivel de azufre del combustible son factores importantes que influyen en la regeneración del CPF. El rango de hollín de la combustión incrementa con la temperatura del filtro. El hollín podría acumularse en el filtro si la temperatura es demasiado baja, causando una restricción del flujo excesiva, presión de retorno de los gases de escape alta, y al final, se atasca el filtro. Las temperaturas de los gases de escape que se experimentan durante la operación regular del motor de doble-combustible son generalmente más altas que las vistas en motores diesel. Esto es atribuible al control de lambda de tiempo completo que la estrategia usó en el motor doble - combustible. A diferencia que en los motores diesel, el aire excesivo introducido al motor doble - combustible es siempre controlado a sus valores óptimos. El contenido de azufre del combustible diesel no es un asunto grave en el motor de doble - combustible, que es cargado predominantemente con gas natural. La Junta de Recursos del Aire de California (CARB) tiene el CPF de CAP verificado, admitiendo el uso de diesel con el contenido de azufre no más alto que el diesel comercialmente disponible en California (típicamente 120 ppm de azufre). El motor de doble - combustible de CAP usan generalmente el 10 % de diesel como combustible piloto; por lo tanto, el CPF está recibiendo en realidad combustible con el contenido de azufre equivalente a 1.2 ppm.

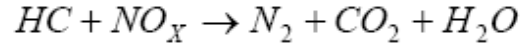
4. SISTEMA ACCOLD EGR

Con la adición de una línea al catalizador NOx (LNC) usando combustible diesel como un agente reductor, esto debe ser posible para conseguir la reducción adicional en NOx de 0.5 a 0.2 g / hp-h. Esta segunda propuesta es llamada "Activo, Limpio y Frío" EGR porque hay una adición activa controlada de combustible directamente para el convertidor catalítico. Este sistema es indicado esquemáticamente en la Figure 2.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

La reacción deseada en un LNC, que también es denotado como un Reductor Catalítico Selectivo Base- Hidrocarburo (HC - SCR), es mostrada en la ecuación desbalanceada abajo:



La ventaja principal del sistema LNC con un motor de doble - combustible de CAP es eso una reducción de origen ya conjunta. Usando el combustible de vehículo como un reductor no requiere cambios del vehículo perceptibles al conductor y no requiere de ninguna inversión de infraestructura adicional.

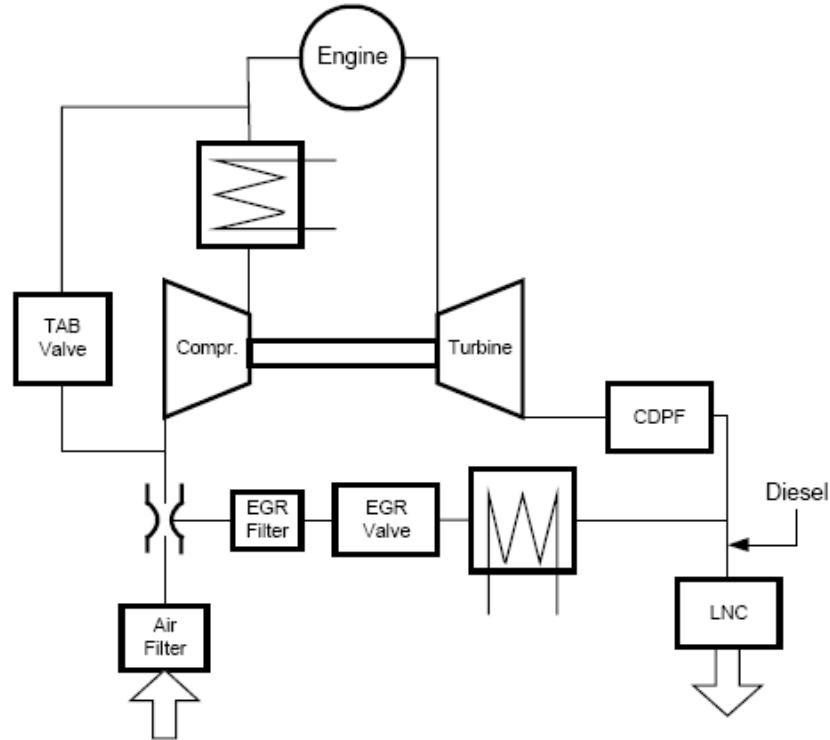


Figura 12: Esquema ACCOLD EGR

El sistema ACCOLD - EGR consta de un LNC Johnson Matthey en adición al sistema PACCOLD - EGR. El LNC consiste de dos catalizadores en serie, el de temperatura baja y el de temperatura alta, para ampliar el rango de temperatura operativa.

El sistema ACCOLD - EGR, que incluye el LNC como se muestra en la Figura 2, no fue seguido en este proyecto después de la consideración cuidadosa de lo siguiente:

1. Pruebas de funcionamiento por el Control de Emisiones de Diesel y Efectos de Azufre (DECSE) Programa controlado por DOE, NREL, Laboratorio Nacional Oak Ridge, la Asociación de Fabricantes de Motores y los fabricantes de la Asociación del Control de Emisiones teniendo en cuenta:
 - Eficiencia de reducción de NO_x de bajo del 20 % con la penalización del combustible del 4 %
 - Del 50 % y 30 % de reducción de NO_x observada a las temperaturas operativas específicas por los catalizadores de baja y alta temperatura, respectivamente.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

2. Comparado con el Reductor Catalítico Selectivo Base-Urea (Urea - SCR), el cual logra más del 80 % de reducción del NOx, el LNC (HC - SCR) no es un atractivo método para la reducción de NOx.
3. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) cree que la tecnología de catalizadores de absorción de NOx será implementada con éxito sobre motores diesel para trabajos pesados en 2007-2010 para la reducción de NOx, aunque es una tecnología menos madura comparada con el CPF.
4. La industria en Europa favorece el sistema de Urea - SCR para cumplir los requerimientos de emisiones de NOx de la norma Euro V.
5. El programa del Control de Emisiones Diesel - Combustibles Avanzados Base-Petróleo (APBF - DEC), el sucesor al programa de DECSE, ha estado enfocándose en dos sistemas integrados en 2000-2004: absorción de NOx y DPF, y, Urea - SCR y DPF.
6. Hay falta del soporte del gobierno y los sectores privados; el desarrollo de la tecnología de LNC está suspendida indefinidamente.

En diciembre 2002, CAP notifica a NREL que no hay méritos técnicos importantes en el procedimiento con el sistema ACCOLD - EGR propuesto. Sin el soporte del gobierno y de la industria de control de emisiones de gases de escape para el desarrollo adicional de la tecnología LNC, la viabilidad comercial e implementación del ACCOLD - EGR es muy incierto. Fue determinado en enero 2003, en los intereses de todas las partes concernientes, que CAP no debe perseguir el desarrollo y el análisis del sistema ACCOLD – EGR propuesto para este proyecto.

D. TECNOLOGÍA DEL MOTOR DE COMBUSTIBLE DUAL CATERPILLAR

1. FICHA TÉCNICA.

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR DE COMBUSTIBLE DUAL 3126B

Cilindros y configuraciones	Seis cilindros en línea
Calibre (diámetro del pistón)	125 mm (4.9 pulg)
Carrera	140 mm (5.5 pulg)
Cilindrada	10.3 L (629 pulg ³)
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Rotación (extremo del volante)	Hacia la izquierda
Juego de las válvulas (admisión)	0.38 mm (0.015 pulg)
Juego de las válvulas (escape)	0.64 mm (0.025 pulg)
Juego del pistón esclavo del freno retardador Jake	0.64 mm (0.025 pulg)

2. SISTEMAS DE OPERACIÓN DE DOBLE COMBUSTIBLE

Operación de motor diesel

El proceso del motor diesel, como ya lo hemos explicado anteriormente, comienza cuando el aire es llevado a los cilindros del motor, donde es comprimido por un pistón a un grado mucho más alto que en un motor de gasolina. Esta "Proporción de compresión" alta hace a un motor diesel más eficiente que a un motor de gasolina. Cerca del punto de la compresión máxima, el combustible diesel es inyectado en el cilindro a alta presión. Esta alta presión, cuando se combina con la temperatura del aire comprimido,



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

hace que el combustible diesel se encienda espontáneamente y se queme rápidamente. Esto incrementa la presión y la temperatura en el cilindro, moviendo el pistón hacia abajo del cilindro con gran fuerza. Este lanzamiento de energía genera el poder del motor, mientras que el proceso de combustión genera emisiones de gases.

Innovaciones

El motor diesel es prácticamente igual, menos la adición del sistema de inyección de gas y el ECU, es conveniente usarlo exteriormente en el motor. Las temperaturas dentro del cilindro y las presiones del doble combustible están dentro de las operaciones del diesel puro así que el motor transformado funciona dentro de los límites diseñados para el motor original.

Equipo físico del sistema del motor

Sistema de inyección de gas

- Inyectores de gas electrónicamente controlados instalados en el múltiple de admisión de aire modificado



Bypass de aire del turbocompresor (TAB)

- Control Rápido y exacto de la proporción de aire – combustible



Unidad de Control Electrónica del Doble - Combustible™ (ECU)

- Control / Integrado con el ECU del motor OEM
- La nueva generación ECU del Doble - Combustible™ ya está lista en este 2007



Los componentes del Doble - Combustible™ no afectan las robustez y durabilidad del motor de base, permitiendo un regreso rápido y económico para diesel puro al final de la propiedad, manteniendo el valor de reventa.

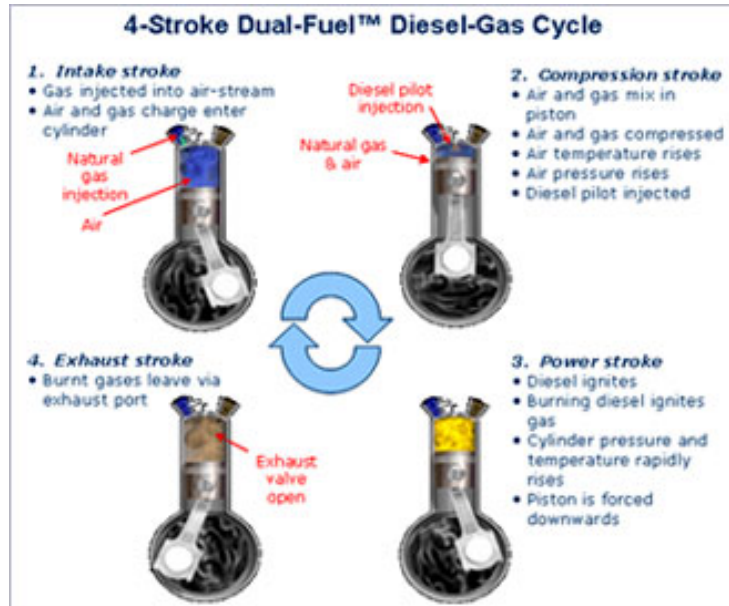
Inyectores de Gas natural y diesel

Los inyectores del Doble - Combustible™ de Clean Air son controlados por una señal de modulación de duración de impulsos desde el ECU. Las señales están basadas en la presión del múltiple, la



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

temperatura del aire de entrada, la presión del gas, la temperatura del gas, y la configuración del combustible, proveyendo la mejor combinación de emisiones de gases y eficiencia.



Ciclo del motor de Doble-Combustible

Todos motores de Doble - Combustible™ correrán con gas natural comprimido (CNG) o gas natural licuado (LNG). El LNG subenfriado requiere tanques de combustible de vacío aislado de baja presión y requiere menos espacio a bordo que los tanques de gas comprimido CNG. Los tanques de CNG son tres veces más grandes que los tanques de LNG para la misma capacidad de combustible. Tampoco el combustible entrega el mismo rendimiento del motor.

CNG y LNG

Como parte del desarrollo de la tecnología de Doble - Combustible™ Clean Air Power ha desarrollado sistemas de vehículos para la contención y entrega de tanto CNG como de LNG. Basándose en la pericia existente de la experiencia valiosa que ha sido adquirida trabajando con fabricantes para instalar los sistemas en vehículos alrededor del mundo.





Asuntos de importancia para la industria

La calidad y la composición de gas natural son importantes para la industria del transporte. La presencia de gases más pesados, como etano y propano en las mezclas, puede ocasionar una llamarada en la combustión. Sin control, este fenómeno puede resultar en la falla del motor. Actualmente una composición del gas adecuada no puede ser garantizada al no haber una regulación nacional estandarizada de la calidad del gas. Sin embargo Clean Air Power ha desarrollado una contramedida para proteger al motor del gas de mala calidad. El sistema usa un sensor de llamarada instalado en el múltiple de admisión del motor que está integrado en el sistema de control electrónico. Cuando una llamarada en la combustión es detectada, el sistema cambiará el modo operativo de la combustión automáticamente, parando la llamarada inmediatamente, y protegiendo al motor.

Componentes Principales del Motor de Doble Combustible

Los componentes del motor de gas de Clean Air Power de línea incluyen:

- Inyectores de gas
- Conjunto de filtros combinados
- Válvulas de interrupción
- Reguladores de presión
- Conjunto de válvulas TAB (Turbo Air Bypass)

Inyectores de gas

Los inyectores de gas de Clean Air Power son ampliamente usados en la industria del gas natural en inyección de gas múltiple y de punto y son certificados por los estándares europeos ECE R110. Todo cuerpo y partes internas son construidos con acero inoxidable con rangos diferenciales de presiones operativas máximas de 100 a 3000 psi. Para realizar la inclusión es ofrecido con conector flexible u opciones de conexión rápida, mientras que hay bobinas disponibles para 12-24 VDC. Cada unidad es 100 % probada para la entrega de flujo, las fugas de presión y el rendimiento.

Están disponibles para 2 o 3 modos de válvulas para la operación normalmente abierta o normalmente cerrado.



**Válvulas de Solenoide de alta Velocidad para Aplicaciones Hidráulicas***Control de flujo o presión por modulación de duración de pulsos***Características:****Tipo**

- 2 o 3 modos
- Cabeza de Bola normalmente abierto o normalmente cerrado

Material

- Acero inoxidable

Rangos de presiones (PSI)

- 100, 200, 300, 700, 1000, 1500 y 3000

Montaje

- SAE de cartucho 9/16 - 18
- derecho
- trica que cierra
- caer - en cartucho

Rangos de temperaturas

- 40° F a +300° F

Peso

- 4.6 a 5.5 oz dependiendo del modelo

Velocidad

- La máxima operación la frecuencia excede los 200 Hz (completamente abierto)

Tiempo Preciso

- 25 microsegundos

**RESPONSE TIME (Typical)**

<i>Pulse Width Modulation Coil</i>	Milliseconds	
	<i>Open</i>	<i>Close</i>
Normally Closed	3.0	2.0
Normally Open	2.0	3.0

Continuous Duty Coil

3 Way Normally Closed	5.0	3.0
2 Way & 3 Way Normally Open	3.0	5.0
2 Way Normally Closed	15.0	7.0

ELECTRICAL Coil Options

Resistance, Ohms	Voltage (DC)	Application
1.6	12	Pulse-Width Modulated
9.0	12	Continuous Duty
9.0	24	Pulse-Width Modulated
30.0	24	Continuous Duty

ACCESSORIES

Driver Module	Electronic current limiter permitting use of low voltage digital input.
Porting Tools	Special plunge forming tools for machining ports.
Valve Blocks	Drilled manifold blocks accept tubing connections.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{S.G.}}$$

Q = Rate of flow- GPM

C_v = Valve Flow Factor

S.G. = Specific Gravity related to water

ΔP = Pressure drop across valve, psi

PERFORMANCE

Flow Factor (C_v) and Valve Mounting Options

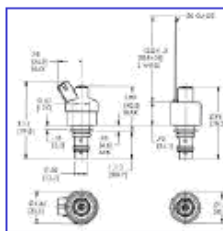
Valve Type/Function	Rated Pressure (psi)						
	100	200	300	700	1000	1500	3000
2W NC Valves	0.214 (D.I.)	0.118 (D.I., S.I.)	0.097 (D.I., S.I.)	0.059 (S.I.)	-	-	-
2W NO Valves	-	-	0.11 (S.I.)	0.083 (S.I.)	0.064 (S.I.)	0.038 (S.I.)	0.018 (S.I.)
3W NC Valves	-	-	0.092 (S.I.)	0.069 (S.I.)	0.053 (S.I.)	0.03 (S.I.)	0.013 (S.I.)
3W NO Valves	-	-	0.11 (S.I.)	0.083 (S.I.)	0.064 (S.I.)	0.038 (S.I.)	0.018 (S.I.)

2W - Two way Valve
3W - Three way Valve

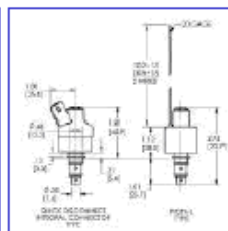
NO - Normally open valve
NC - Normally closed valve

D.I. - Drop-in Cartridge
S.I. - Screw-In Cartridge

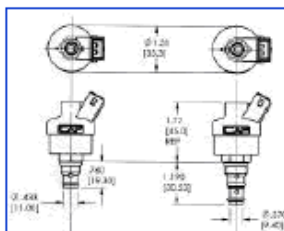
* 2W NC Valves are available only for continuous duty applications



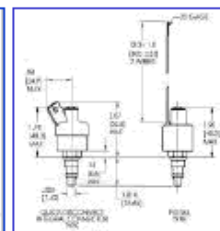
2W NC DI
(100 psi)



2W NC DI
(200, 300 psi)



2W NO 3W NO & NC



2W NC SI
(200, 300, 700 psi)

Ordering Information

Example:

3W-NO-1500-SI-PT-9.0-N-70

Type	Function	Max. Pressure Differential (psi/bar)	Mounting	Coil Type	Coil Resistance (ohm)	O-Ring Material	O-Ring Durometer
2W 2 Way Valve	NO Normally Open	100 / 6.9	D.I. Drop-In Cartridge	Q.D. Quick	1.6	N Nitrile	70
3W 3 Way Valve	NC Normally Closed	200 / 13.8	S.I. Screw-In	P.T. Pigtail	9	V Viton	90
		300 / 20.7			30.0	S*	
		700 / 48.3					
		1000 / 68.9					
		1500 / 103.4					
		3000 / 206.8					

* Special O-ring materials are available upon request



Conjunto de filtro combinado

Los filtros combinados de Clean Air Power son conocidos en toda la industria por su eficiencia de alta de retiro de aerosoles en un 99.9 % en un rango de micro partículas de .3 -.6. Todos los filtros son certificados por los estándares europeos ECE R110 y están hechos del aluminio de alta resistencia a la tensión para el uso de gas presurizado a 3,600 psig con un factor de seguridad de 4:1. Los filtros son diseñados para cubrir las necesidades de los motores de gas medianos y para trabajos pesados. Rangos de flujos altos y gran capacidad de duración para impurezas no deseadas, proveen el rendimiento adicional necesario para las aplicaciones más absorbentes.

Filtro combinado de baja presión

Especificaciones

Presión de operación máxima	500 psig 34.5 bar
Presión de operación máxima	54 SCFM @ 100 psig
Factor de seguridad	4:1
Temperatura de operación	-40 a 175° F -40 a 80° C
Capacidad del vaso colector	4.7 oz 140 ml
Peso (seco)	2.2 lb 1.0 kg
Largo	9.20 in 234 mm
Diámetro	3.24 in 82 mm
Espacio requerido para retirar el vaso colector	5.5 in 140 mm
Material de la carcasa	Aluminio 6061
Tamaño del puerto (entrada y salida)	SAE-8 Junta de rosca recta (rosca de ¼ y 16 vueltas UNF-2B)
Eficiencia combinada	99.97% Micro partículas de .3 a .6
Certificación	ECE R110





Filtro combinado de alta presión

Especificaciones

Presión de operación máxima	3,600 psig 248 bar
Factor de seguridad	4 a 1
Rango de temperatura de operación	-40 a 225° F -40 a 107° C
Capacidad del vaso colector	2.5 oz 74 ml
Peso	4.5 lb 2.0 kg
Largo	7.65 in 194 mm
Espacio mínimo para reemplazar el elemento del filtro por el puerto de entrada	12.0 in 305 mm
Diámetro	4.12 in 105 mm
Material de la carcasa	Aluminio 7075 T-6
Tamaño del puerto (entrada salida)	SAE-8 Junta de rosca recta (rosca de ¾ y 16 vueltas UNF-2B)
Puerto de drenado	SAE-4 Junta de rosca recta (rosca de 7/16 y 20 vueltas UNF-2B)
Eficiencia combinada	99.97% Micro partículas de .3 a .6
Salto de presión @ 85 psig de entrada	3 psi@30scfm de aire seco 17 psi@80scfm de aire seco
Certificación	ECE R110



Válvulas de interrupción

Las válvulas de interrupción son construidas con materiales resistentes a la corrosión de gran calidad y tienen asientos de válvula de máximo rendimiento. Creadas por ingeniería para el uso en motores de gas natural, las válvulas tienen una proporción de presión de trabajo de 125 psi y son maquinadas con roscas de ¾" y 16 vueltas UNF - 2B (junta de rosca recta SAE 8). Las válvulas tienen bobinas de 12 VDC con conectores de Packard PED 1201 0973 y usa una corriente de 1.6 amperio cuando esta completamente vigorizado. Cada unidad es 100 % probada para fugas de presión y rendimiento en la práctica. Estas válvulas están ubicadas en la salida de los tanques de gas.

Reguladores de presión

Los reguladores de presión de gas son diseñados principalmente para el segundo estado de regulación de una variedad de gases. La presión de entrada máxima es 400 psi y la presión de entrega se extiende de 100 a 200 psi. Dos puertos de un calibre de ¼" están ubicados a 180° separados para permitir una medida de montaje en la mejor posición conveniente. La boquilla grande y el área del



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y SUS COMPONENTES

diafragma suministran una mayor capacidad con un control sensible de la presión de entrega, mientras tiene la habilidad de funcionar bajo condiciones difíciles.



Conjunto de válvulas TAB (Turbo Air Bypass)

Estos únicos conjuntos de válvulas son usados para evitar el aire excesivo del turbo compresor. Utilizan actuadores de gran rendimiento con una válvula mariposa de 2 " y operan en 12-24 VDC. Los conjuntos TAB son fáciles de instalar y proveer un rendimiento constante.

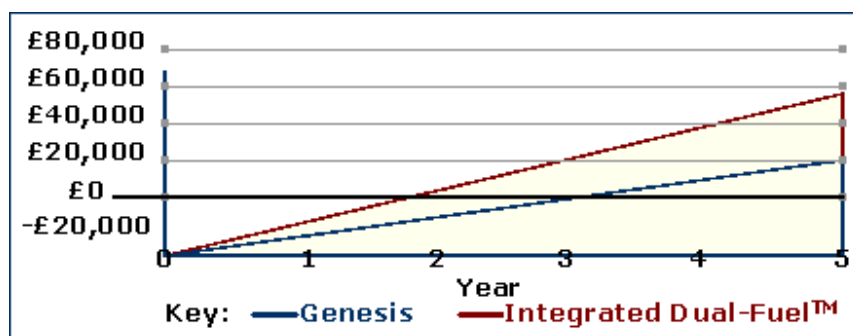
3. RENDIMIENTOS Y EMISIONES

Beneficios del Combustible-Dual

La tecnología de doble - combustible TM aprovecha las eficiencia inherentes del motor de alta compresión y reduce el consumo de combustible diesel, resultando en un motor que es más poderoso y eficiente que un motor de gas natural encendido por chispa dedicado y reduce emisiones de gases considerablemente dramáticas. Los motores de doble - combustible TM brindan el mejor de ambos mundos con costos de mantenimiento atractivos y recuperación de la inversión demostrable. Los beneficios son cuantiosos:

Ahorros de costos

- Costo de operación más bajo que un motor diesel
- Mayor ahorro de combustible que un motor de gas natural dedicado
- Un promedio de sustitución de gas en servicio de un rango de hasta del 75%
- Periodos de amortización favorables
- Puede ser transformado a solo diesel dedicado, protegiendo su valor de reventa



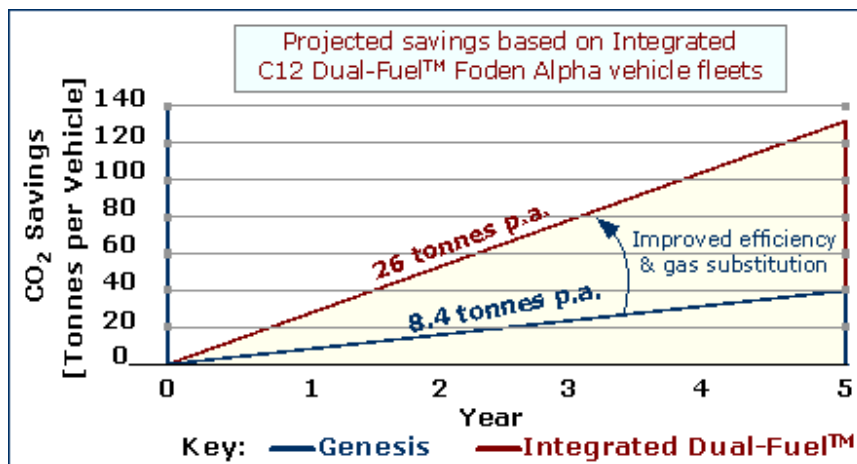


Poder y eficiencia

- Poder y eficiencia equivalente a un motor diesel
- Opera en la misma proporción de compresión como el motor diesel, un-avance con combustión quemadura-escasa

Emisiones de gases bajas

- Emisiones de gases equivalentes a un motor de gas natural, con emisión de gas de dióxido de carbono más baja (CO₂)
- Comparado con el motor diesel el motor doble – combustible™ entrega emisiones de gases más bajas:
 - Óxidos de nitrógeno (NO_x)
 - Material de Partículas (PM)
 - Hollín (humo)
 - Monóxido de carbono
 - Hidrocarburos non- metilo
 - Dióxido de carbono (y gases invernadero totales)



Flexibilidad de combustible

- Los motores de doble - combustible™ pueden operar con 100 % diesel si el gas no está disponible
- Los motores de doble - combustible™ pueden operar con sistemas de almacenamiento de gas natural líquido (LNG) o de gas natural comprimido (CNG)

Prueba de operación en Campo

- Más de 1600 unidades probadas mundialmente sobre una variedad de ciclos de servicio y aplicaciones
- Garantía global y productos de servicio de soporte
- Ahorros significativos de costos demostrado por clientes



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

A. Normas Mexicanas de Niveles Máximos Permisibles para el Transporte Pesado

En este capítulo observaremos la manera en la que se someten en nuestro país los motores a prueba de los vehículos, en este caso la prueba corresponde para medir las emisiones de vehículos con motor a diesel con capacidad mayor a los 3000 Kg., como se podrá observar la prueba es limitada dadas las condiciones existentes en lo que a medición de emisiones se refieren, pero que de todas formas observaremos, procuraremos abarcar solo lo indispensable de la norma dado que esta ya se había citado anteriormente

Como se pudo observar esta norma contempla en gran medida las características físicas de los métodos que se emplean para la medición de las mediciones de los automotores en el proceso de la verificación vehicular. Sin embargo cabe destacar que esta norma esta complementada en otra similar que se emitió de igual forma en el año de 1995, la cual contempla la medición de emisiones pero en el caso de motores a diesel el cual es algo que veremos a continuación y que es gran importancia para el estudio y comprensión de las normas anteriores.

NORMA Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1996, Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-045-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL O MEZCLAS QUE INCLUYAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones V y XIX, 6o., 7o. fracciones III y XIII, 8o. fracciones III y XII, 9o., 36, 37 Bis, 110, 111 fracciones III y IX, 112 fracciones V, VII, X y XII, 113, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y IV, 46 y 49 de su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 22 de octubre de 1993 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-CCAT-008-ECOL/1993, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, y de conformidad con el Acuerdo mediante el cual se reforma la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas, publicado en el referido Órgano Informativo el día 29 de noviembre de 1994, se cambió la nomenclatura de la norma en cuestión, quedando como Norma Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1993. Que durante la aplicación de la referida Norma se detectaron algunos obstáculos de carácter técnico, por lo que se tuvo la necesidad de llevar a cabo un análisis de la misma por parte de esta Secretaría, por conducto de su Órgano Administrativo Desconcentrado Instituto Nacional de Ecología, en coordinación con los sectores público y privado interesados, llegándose a la conclusión de que era necesario hacer una nueva



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

norma en la que sus disposiciones sean congruentes con los adelantos técnicos en la materia, dejando sin efectos la norma citada con anterioridad, motivo por el que se incluyó en el Programa Nacional de Normalización 1996.

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 8 de enero de 1996 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** con carácter de Proyecto la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-045-ECOL- 1995, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales, presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Elba número 20, colonia Cuauhtémoc, código postal 06500, México, D.F. Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, los análisis a que se refiere el artículo 45 del Ordenamiento legal antes citado, estuvieron a disposición del público para su consulta en el domicilio del referido Comité.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes, entre las cuales se encuentra el título de la presente Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicados en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 22 de noviembre de 1996.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de enero de 1997, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-045-ECOL-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-045-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL O MEZCLAS QUE INCLUYAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

INDICE

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
6. Bibliografía
7. Observancia de esta Norma

0. Introducción

Los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible generan emisiones de humo a la atmósfera, debido a las características de los motores y combustible utilizado, incrementando su emisión por varios factores como pueden ser: el desajuste de la alimentación del combustible al motor, la altitud de la región del país en relación al nivel del mar, la falta de mantenimiento preventivo y correctivo del motor, por lo que es necesario prevenir y controlar dichas emisiones estableciendo en esta Norma Oficial Mexicana los niveles máximos permisibles de opacidad del humo que aseguren la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.



1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible y es de observancia obligatoria para los responsables de los centros de verificación vehicular, así como para los responsables de los citados vehículos.

Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores diesel utilizado en las industrias de la construcción, minera y de actividades agrícolas.

2. Referencias

Norma Mexicana NMX-AA-013-1976, Evaluación de la opacidad del humo proveniente de vehículos automotores equipados con motor diesel, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de junio de 1976.

Norma Mexicana NMX-AA-23, Protección al ambiente-Contaminación atmosférica-Terminología, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 15 de julio de 1986.

Norma Oficial Mexicana NOM-077-ECOL-1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 13 de noviembre de 1995.

3. Definiciones

3.1 Año-modelo del motor

El periodo comprendido entre el 1 de enero de un año y el 31 de diciembre del mismo.

3.2 Año-modelo del vehículo

El periodo comprendido entre el 1 de noviembre de un año y el 31 de octubre del siguiente.

3.3 Coeficiente de absorción de luz (K)

El coeficiente de absorción de una columna diferencial de gas de escape a la presión atmosférica y a una temperatura de 70°C (setenta grados centígrados) expresado en m^{-1} (metros a la menos uno).

3.4 Humo del diesel

El residuo resultante de una combustión incompleta que se compone en su mayoría de carbón, cenizas y de partículas sólidas visibles en el ambiente.

3.5 Humo negro

Son partículas compuestas de carbón (hollín), de tamaño usualmente menores a un micrón, las cuales escaparon al proceso de combustión en el motor.

3.6 Humos blanco o azul

Son partículas compuestas esencialmente de líquido incoloro, que refractan y reflejan la luz observada.

Nota: El color observado resulta del índice de refracción del líquido contenido en las gotas y al tamaño de las mismas. El humo blanco usualmente se debe al vapor de agua. El humo azul usualmente se debe a la presencia de aceite lubricante en las cámaras de combustión.

3.7 Motor diesel

La fuente de potencia que se caracteriza por el combustible que es encendido dentro de la cámara debido al calor producido por la compresión del aire dentro de la misma.

3.8 Opacidad

La condición en la cual una materia impide parcial o totalmente el paso del haz de luz.

3.9 Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre que se utiliza en vía pública, tanto de carga como de pasajeros, propulsado por su propia fuente motriz.

3.10 Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita por la vía pública.



4. Especificaciones.

4.1 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor a diesel, con peso bruto vehicular de hasta 2,727 kilogramos, en función del año -modelo del vehículo, expresado en coeficiente de absorción de luz, son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

TABLA 1
NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO EN FUNCION DEL AÑO-MODELO DEL VEHICULO

Año-modelo del vehículo	Coefficiente de absorción de luz (m-1)	Por ciento de opacidad (%)*
1995 y anteriores	1.99	57.61
1996 y posteriores	1.07	37.04

Nota: (*) Expresado como valor referencial.

4.2 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor diesel con peso bruto vehicular de más de 2,727 kilogramos, en función del año -modelo del motor, expresado en coeficiente de absorción de luz, son los establecidos en la Tabla 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

TABLA 2
NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO EN FUNCION DEL AÑO-MODELO DEL MOTOR

Año-modelo del motor	Coefficiente de absorción de luz (m-1)	Por ciento de opacidad (%)*
1990 y anteriores	1.99	57.61
1991 y posteriores	1.27	42.25

Nota: (*) Expresado como valor referencial.

4.3 El método de prueba y el equipo a utilizar para determinar la opacidad del humo señalada en las tablas 1 y 2 de la presente Norma, se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-077-ECOL- 1995, referida en el punto 2 de esta Norma.

5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana coincide parcialmente con la Norma Americana SAE J-1667.- Snapacceleration smoke test procedure for heavy-duty diesel powered vehicles Issued 1996-02. U.S.A. (Procedimiento de prueba de opacidad con aceleración instantánea para vehículos pesados con motor a diesel. Febrero de 1996. E.U.A.).

6. Bibliografía

6.1 Code of Federal Regulations 40. Part 81 to 99, revised July 1994, U.S.A. (Código de Regulaciones Federales 40. Parte 81 a 99, revisado en julio de 1994. Estados Unidos de América).

6.2 Diesel Engine Smoke Measurement - SAE J 255A. (Medición del Humo de Motores Diesel-SAE J 255A).



7. Observancia de esta Norma

7.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, los gobiernos del Distrito Federal, de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas jurisdicciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

7.2 La presente Norma Oficial Mexicana aboga a su similar NOM-045-ECOL-1993 (antes NOMCCAT- 008-ECOL/1993), publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1993.

7.3 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

México, Distrito Federal, a los doce días del mes de febrero de mil novecientos noventa y siete.- La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, **Julia Carabias Lillo**.- Rúbrica.

Después de observar esta norma debemos apreciar con atención dado que la vigencia de esta fue de solo un año, ya que fue modificada en su nomenclatura por la norma que veremos a continuación, la modificación que se realizo fue para poder manejar mejor los datos disponibles y la manera de obtención de los mismos, pues la normatividad fue realizada por las autoridades correspondientes.

NORMA Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1996, Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-045-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL O MEZCLAS QUE INCLUYAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones V y XIX, 6o., 7o. fracciones III y XIII, 8o. fracciones III y XII, 9o., 36, 37 Bis, 110, 111 fracciones III y IX, 112 fracciones V, VII, X y XII, 113, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y IV, 46 y 49 de su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 22 de octubre de 1993 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-CCAT-008-ECOL/1993, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, y de conformidad con el Acuerdo mediante el cual se reforma la



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas, publicado en el referido Org ano Informativo el día 29 de noviembre de 1994, se cambió la nomenclatura de la norma en cuestión, quedando como Norma Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1993.

Que durante la aplicación de la referida Norma se detectaron algunos obstáculos de carácter técnico, por lo que se tuvo la necesidad de llevar a cabo un análisis de la misma por parte de esta Secretaría, por conducto de su Órgano Administrativo Desconcentrado Instituto Nacional de Ecología, en coordinación con los sectores público y privado interesados, llegándose a la conclusión de que era necesario hacer una nueva norma en la que sus disposiciones sean congruentes con los adelantos técnicos en la materia, dejando sin efectos la norma citada con anterioridad, motivo por el que se incluyó en el Programa Nacional de Normalización 1996. Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 8 de enero de 1996 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** con carácter de Proyecto la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-045-ECOL- 1995, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales, presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Elba número 20, colonia Cuauhtémoc, código postal 06500, México, D.F. que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, los análisis a que se refiere el artículo 45 del Ordenamiento legal antes citado, estuvieron a disposición del público para su consulta en el domicilio del referido Comité.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes, entre las cuales se encuentra el título de la presente Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicados en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 22 de noviembre de 1996.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de enero de 1997, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación de NOM-045-ECOL-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible; por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-045-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL O MEZCLAS QUE INCLUYAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

INDICE

- 0.** Introducción
- 1.** Objetivo y campo de aplicación
- 2.** Referencias
- 3.** Definiciones
- 4.** Especificaciones
- 5.** Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
- 6.** Bibliografía
- 7.** Observancia de esta Norma

0. Introducción

Los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible generan emisiones de humo a la atmósfera, debido a las características de los motores y combustible utilizado,



incrementando su emisión por varios factores como pueden ser: el desajuste de la alimentación del combustible al motor, la altitud de la región del país en relación al nivel del mar, la falta de mantenimiento preventivo y correctivo del motor, por lo que es necesario prevenir y controlar dichas emisiones estableciendo en esta Norma Oficial Mexicana los niveles máximos permisibles de opacidad del humo que aseguren la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible y es de observancia obligatoria para los responsables de los centros de verificación vehicular, así como para los responsables de los citados vehículos.

Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores diesel utilizado en las industrias de la construcción, minera y de actividades agrícolas.

2. Referencias

Norma Mexicana NMX-AA-013-1976, Evaluación de la opacidad del humo proveniente de vehículos automotores equipados con motor diesel, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de junio de 1976.

Norma Mexicana NMX-AA-23, Protección al ambiente-Contaminación atmosférica-Terminología, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 15 de julio de 1986.

Norma Oficial Mexicana NOM-077-ECOL-1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 13 de noviembre de 1995.

3. Definiciones

3.1 Año-modelo del motor

El periodo comprendido entre el 1 de enero de un año y el 31 de diciembre del mismo.

3.2 Año-modelo del vehículo

El periodo comprendido entre el 1 de noviembre de un año y el 31 de octubre del siguiente.

3.3 Coeficiente de absorción de luz (K)

El coeficiente de absorción de una columna diferencial de gas de escape a la presión atmosférica y a una temperatura de 70°C (setenta grados centígrados) expresado en m^{-1} (metros a la menos uno).

3.4 Humo del diesel

El residuo resultante de una combustión incompleta que se compone en su mayoría de carbón, cenizas y de partículas sólidas visibles en el ambiente.

3.5 Humo negro Son partículas compuestas de carbón (hollín), de tamaño usualmente menores a un micrón, las cuales escaparon al proceso de combustión en el motor.

3.6 Humos blanco o azul Son partículas compuestas esencialmente de líquido incoloro, que refractan y reflejan la luz observada.

Nota: El color observado resulta del índice de refracción del líquido contenido en las gotas y al tamaño de las mismas. El humo blanco usualmente se debe al vapor de agua. El humo azul usualmente se debe a la presencia de aceite lubricante en las cámaras de combustión.

3.7 Motor diesel

La fuente de potencia que se caracteriza por el combustible que es encendido dentro de la cámara debido al calor producido por la compresión del aire dentro de la misma.

3.8 Opacidad

La condición en la cual una materia impide parcial o totalmente el paso del haz de luz.



3.9 Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre que se utiliza en vía pública, tanto de carga como de pasajeros, propulsado por su propia fuente motriz.

3.10 Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita por la vía pública.

4. Especificaciones

4.1 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor a diesel, con peso bruto vehicular de hasta 2,727 kilogramos, en función del año -modelo del vehículo, expresado en coeficiente de absorción de luz, son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

TABLA 1

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO EN FUNCION DEL AÑO-MODELO DEL VEHICULO

Año-modelo del vehículo	Coefficiente de absorción de luz (m ⁻¹)	Por ciento de opacidad (%)*
1995 y anteriores	1.99	57.61
1996 y posteriores	1.07	37.04

Nota: (*) Expresado como valor referencial.

4.2 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor diesel con peso bruto vehicular de más de 2,727 kilogramos, en función del año -modelo del motor, expresado en coeficiente de absorción de luz, son los establecidos en la Tabla 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

TABLA 2

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO EN FUNCION DEL AÑO-MODELO DEL MOTOR

Año-modelo del motor	Coefficiente de absorción de luz (m ⁻¹)	Por ciento de opacidad (%)*
1990 y anteriores	1.99	57.61
1991 y posteriores	1.27	42.25

Nota: (*) Expresado como valor referencial.

4.3 El método de prueba y el equipo a utilizar para determinar la opacidad del humo señalada en las tablas 1 y 2 de la presente Norma, se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-077-ECOL- 1995, referida en el punto 2 de esta Norma.

5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana coincide parcialmente con la Norma Americana SAE J-1667.- Snapacceleration smoke test procedure for heavy-duty diesel powered vehicles Issued 1996-02. U.S.A. (Procedimiento de prueba de opacidad con aceleración instantánea para vehículos pesados con motor a diesel. Febrero de 1996. E.U.A.).

6. Bibliografía

6.1 Code of Federal Regulations 40. Part 81 to 99, revised July 1994, U.S.A. (Código de Regulaciones Federales 40. Parte 81 a 99, revisado en julio de 1994. Estados Unidos de América).



6.2 Diesel Engine Smoke Measurement - SAE J 255A. (Medición del Humo de Motores Diesel-SAE J 255A).

7. Observancia de esta Norma

7.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, los gobiernos del Distrito Federal, de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas jurisdicciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

7.2 La presente Norma Oficial Mexicana aboga a su similar NOM-045-ECOL-1993 (antes NOMCCAT- 008-ECOL/1993), publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1993.

7.3 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

México, Distrito Federal, a los doce días del mes de febrero de mil novecientos noventa y siete.- La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, **Julia Carabias Lillo**.- Rúbrica.

A continuación observaremos a detalle lo especificado por la siguiente norma oficial mexicana la cual es la mas actualizada y descifra el por que los cambios efectuados a las misma a través del tiempo, con la entrada en vigor de esta norma quedan sin efecto la aplicación de algunas otras que son señaladas en los transitorios de esta norma.

NORMA Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-044-SEMARNAT-2006 QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE HIDROCARBUROS TOTALES, HIDROCARBUROS NO METANO, MONOXIDO DE CARBONO, OXIDOS DE NITROGENO, PARTICULAS Y OPACIDAD DE HUMO PROVENIENTES DEL ESCAPE DE MOTORES NUEVOS QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE Y QUE SE UTILIZARAN PARA LA PROPULSION DE VEHICULOS AUTOMOTORES NUEVOS CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR DE 3,857 KILOGRAMOS, ASI COMO PARA UNIDADES NUEVAS CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR A 3,857 KILOGRAMOS EQUIPADAS CON ESTE TIPO DE MOTORES.

JOSE RAMON ARDAVIN ITUARTE, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en los artículos 32 bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 4o. y 8o. fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 5o. fracciones V y XIX, 6o., 7o. fracciones III y XIII, 8o. fracciones III y XII, 9o., 36, 37 Bis, 110, 111 fracciones III y IX, 112 fracciones V, VII, X y XII, 113, 160 y 171 de la Ley General



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y IV, 46 y 49 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 34 y 40 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

CONSIDERANDO

Que la Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores, fue aprobada como proyecto por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales en sesión celebrada el 21 de febrero de 2006, publicándose el 26 de abril de 2006 en el Diario Oficial de la Federación como PROY-NOM-044-SEMARNAT-2006, a efecto de que los interesados, dentro de los 60 días naturales siguientes, emitieran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en Bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209, piso 5, colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, México, D.F., vía fax 5628-0632 y en el correo electrónico: industria@semarnat.gob.mx.

Que de acuerdo a lo establecido en el artículo 47 fracciones II y III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma en cuestión, los cuales fueron analizados por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su sesión celebrada el 30 de agosto de 2006, realizándose las modificaciones procedentes al proyecto.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, aprobó las respuestas a los comentarios derivados de la consulta pública, así como la versión definitiva de esta Norma Oficial Mexicana.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-044-SEMARNAT-2006, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE HIDROCARBUROS TOTALES, HIDROCARBUROS NO METANO, MONOXIDO DE CARBONO, OXIDOS DE NITROGENO, PARTICULAS Y OPACIDAD DE HUMO PROVENIENTES DEL ESCAPE DE MOTORES NUEVOS QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE Y QUE SE UTILIZARAN PARA LA PROPULSION DE VEHICULOS AUTOMOTORES NUEVOS CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR DE 3,857 KILOGRAMOS, ASI COMO PARA UNIDADES NUEVAS CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR A 3,857 KILOGRAMOS EQUIPADAS CON ESTE TIPO DE MOTORES

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes instituciones y empresas:

ASOCIACION NACIONAL DE TRANSPORTE PRIVADO

ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES, A.C.

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION

CAMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

CAMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE PASAJE Y TURISMO
CAMIONES Y MOTORES INTERNATIONAL DE MEXICO, S.A. DE C.V.
CATERPILLAR LATIN AMERICA SERVICES DE MEXICO, A. DE R.L. DE C.V.
COLEGIO DE INGENIEROS AMBIENTALES DE MEXICO
CONFEDERACION NACIONAL DE TRANSPORTISTAS MEXICANOS
CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA
CUMMINS, S. DE R.L. DE C.V.
DAIMLERCHRYSLER MEXICO, S.A. DE C.V.
DETROIT DIESEL ALLISON DE MEXICO, S.A. DE C.V.
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Laboratorio de Motoquimia
KENWORTH MEXICANA, S.A. DE C.V.
MAN FERROSTAAL MEXICO, S.A. DE C.V.
SECRETARIA DE ECONOMIA Dirección General de Normas Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES Dirección General de Autotransporte Federal
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES Dirección General de Industria Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global
PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE Dirección General de Asistencia Técnica Industrial
SCANIA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
VOLKSWAGEN DE MEXICO, S.A. DE C.V.
VOLVO BUSES DE MEXICO, S.A. DE C.V.
VOLVO TRUCKS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Especificaciones
6. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas
7. Bibliografía
8. Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad
9. Vigilancia
10. Sanciones



1. Objetivo

El objetivo de la presente Norma Oficial Mexicana es el de establecer los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), partículas (Part) y opacidad del humo proveniente del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como provenientes del escape de unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los fabricantes, importadores y ensambladores de los motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como provenientes del escape de unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se debe consultar la siguiente normatividad vigente o la que la sustituya.

Norma Mexicana NMX-AA-23-1986, Protección al Ambiente.- Contaminación Atmosférica. Terminología.- Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de enero de 2006.

4. Definiciones

Para efectos de la aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se establecen las siguientes definiciones:

4.1. Acta de Cumplimiento NOM

El documento que expide la PROFEPA mediante el cual se hace constar que los motores nuevos a diesel, así como las unidades nuevas equipadas con este tipo de motores que los incorporen objeto de esta Norma Oficial Mexicana, cumplen con la presente.

4.2. Familia de motor

Un grupo de motores definido por el fabricante, los cuales, por motivo de su diseño poseen características similares en cuanto a desplazamiento y configuración de cilindros, con variaciones de potencia dentro de cierto rango por lo que presentan similares niveles de emisión de gases por el escape.

4.3. Gases, los que se enumeran a continuación:

4.3.1. Hidrocarburos (HC).

Son un producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles, los cuales están formados por átomos de hidrógeno y carbón, en varias combinaciones.

4.3.2. Hidrocarburos no metano (HCNM).

Son los hidrocarburos totales, excluyendo al metano.

4.3.3. Hidrocarburos no metano más Óxidos de Nitrógeno (HCNM+NOx).

4.3.4. Monóxido de Carbono (CO).

Es un gas incoloro e inodoro producto de la combustión incompleta de los combustibles fósiles. Se forma por la combinación de un átomo de oxígeno y uno de carbono.

4.3.5. Óxidos de Nitrógeno (NOx).



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Grupo de gases altamente reactivos, los cuales contienen nitrógeno y oxígeno en cantidades variables. La mayoría no tienen olor ni color.

4.4. Informe de resultados

El documento que expide un laboratorio de pruebas, mediante el cual se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de contaminantes realizadas a los motores nuevos que usan diesel como combustible y sus dispositivos de control de emisiones y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como de unidades nuevas equipadas con este tipo de motores y que se obtienen conforme a los métodos de prueba indicados en la presente Norma Oficial Mexicana.

4.5 Laboratorio de pruebas

El laboratorio de pruebas acreditado y aprobado, con la infraestructura necesaria para realizar bajo los métodos de prueba establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, las mediciones de emisión de gases, partículas y opacidad de humo establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

4.6. Métodos de prueba, los que se enumeran a continuación:

4.6.1. Ciclo Transitorio (CT)

Ciclo de prueba consistente en cuatro fases, en donde se simula la operación del motor bajo condiciones de manejo en tráfico ligero urbano con paradas y arranques continuos, así como manejo en tráfico pesado urbano con pocas paradas y manejo en carretera con tráfico, repitiéndose la primera fase al final del procedimiento.

4.6.2. Ciclo Suplementario Estable (CSE)

Ciclo de prueba de 13 modos modificado en las que el motor debe operar cierto tiempo en cada modo bajo condiciones estables de velocidad y torque definidas.

4.6.3. Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC)

Ciclo de prueba estable de 13 modos en las que el motor debe operar cierto tiempo en cada modo bajo condiciones estables de velocidad y torque definidas.

4.6.4. Ciclo Europeo de Transición (CET)

Ciclo de prueba secuencial de modos transitorios consistente en tres fases en donde se simula la operación del motor bajo condiciones de manejo en ciudad a 50 km/hr y paradas frecuentes, manejo en condiciones rurales con velocidad promedio de 72 km/hr y manejo en carretera con velocidad promedio de 88 km/hr.

4.6.5. Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC)

Ciclo de prueba con carga transitorio a velocidades y torque específicos utilizado para la determinación de la opacidad del humo proveniente del escape.

4.7. Modo Aceleración

Método de prueba caracterizado por cambiar de velocidad angular en el régimen del giro del motor.

4.8. Modo Arrastre

Método de prueba caracterizado por aplicar carga de camino al motor.

4.9. Motor a Diesel

La fuente de potencia en la cual el combustible se inyecta a las cámaras de combustión para ser encendido durante la operación normal de los pistones, mediante el calor generado por la compresión y que usa diesel como combustible.

4.10. Opacidad

Es una característica de los materiales a limitar o impedir el paso de un haz de luz.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

4.11. Partículas (Part)

Los residuos de una combustión incompleta, que se componen, en su mayoría, de carbón, cenizas y de fragmentos de materia que se emiten a la atmósfera, en fase líquida o sólida a través del escape de un vehículo automotor.

4.12. Peso Bruto Vehicular

Es el peso del vehículo expresado en kilogramos, sumado al de su máxima capacidad de carga conforme a las especificaciones del fabricante y al de su tanque de combustible lleno.

4.13. Pico

Es el valor máximo de opacidad que se presenta en cualquiera de los modos de operación del motor (aceleración o arrastre).

4.14. Unidad nueva

Vehículo automotor, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos propulsado por un motor a diesel con un kilometraje de 0 a 5,000 kilómetros y/o que no ha sido enajenado por primera vez por el fabricante o importador.

5. Especificaciones

Los motores nuevos a diesel y las unidades nuevas que los incorporen deberán cumplir lo señalado en los incisos 5.1. o 5.2. de la presente NOM.

5.1. Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales (HC), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (Part), así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 1.

TABLA 1

(g/bhp-hr - gramos por caballo de fuerza al freno por hora)

Estándar	Método de Prueba	CO g/bhp-hr	NOx g/bhp-hr	HC g/bhp-hr	Part g/bhp-hr	HCNM + NOx g/bhp-hr	Opacidad de Humo (%) porcentaje		
							Aceleración	Arrastre	Pico
A	CT	15.5	4.0	1.3	0.10	No aplica	20	15	50
B	CT y CSE		No aplica	No aplica		2.4 o 2.5 siempre y cuando los HCNM sean menor a 0.5			

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 hasta junio de 2008, obtenidos con el método de prueba Ciclo Transitorio (CT) descrito en el numeral 4.6.1.

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Transitorio (CT) y Ciclo Suplementario Estable (CSE) descritos en los numerales 4.6.1 y 4.6.2.

5.2. Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 2.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

TABLA 2

(g/Kwhr - gramos por kilowatt por hora)

Estándar	Método de Prueba	CO g/Kwh	NOx g/Kwh	HCNM g/Kwh	HC g/Kwh	Part g/Kwh	Opacidad de Humo m ⁻¹
A	CEEC	2.1	5.0	No aplica	0.66	0.10	No aplica
	CET	5.45		0.78	No aplica	0.16	
	CERBC	No aplica					0.8
B	CEEC	1.5	3.5	No aplica	0.46	0.02	No aplica
	CET	4.0		0.55	No aplica	0.03	
	CERBC	No aplica					0.5

Estándar **A**. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC) descritos en los numerales 4.6.3, 4.6.4. y 4.6.5., según se establece en esta Tabla.

Estándar **B**. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC) descritos en los numerales 4.6.3, 4.6.4. y 4.6.5., según se establece en esta Tabla.

5.3. En el caso de los vehículos que requieran la utilización de un reactivo para ajustarse a los requisitos de las tablas 1 y/o 2, el fabricante o importador deberá, mediante una indicación mecánica o electrónica en el tablero de instrumentos del vehículo, informar al conductor del nivel del reactivo que presenta el dispositivo de almacenamiento de dicho reactivo. Se deberá incluir una advertencia cuando el nivel del reactivo: sea inferior al 10% del depósito o a un porcentaje más elevado a elección del fabricante o importador; o sea inferior al nivel correspondiente a la distancia de conducción posible con el nivel de reserva de combustible especificado por el fabricante.

Los sistemas de motor correspondientes al ámbito de aplicación del presente numeral incluirán un limitador del par motor que advertirá al conductor cuando el sistema del motor o el vehículo funcionen incorrectamente por causas imputables a la cantidad o calidad incorrectas del reactivo indicado en el párrafo anterior.

6. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con normas ni lineamientos internacionales ni con normas mexicanas, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

7. Bibliografía

Norma Mexicana NMX-Z-013/1-1977, Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Código Federal de Regulaciones Título 40, Parte 86 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, vigente.

Directivas Europeas 88/77/CEE, 1999/96/EC, 2001/27/EC, 2005/55/EC, 2005/78/EC, Reg24.03 y sus subsiguientes enmiendas del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea.

8. Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad

8.1. El Certificado o Acta de Cumplimiento NOM debe obtenerse 30 días antes de la importación definitiva o comercialización en el territorio nacional de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como de unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

El Certificado o Acta de Cumplimiento NOM la expedirá la PROFEPA.

8.2. Para obtener el Certificado o Acta de Cumplimiento NOM, se debe:

I. Presentar los documentos siguientes:

- a) Solicitud en escrito libre;
- b) Copia de la Cédula del Registro Federal de Contribuyentes;
- c) Especificaciones técnicas del motor a diesel y/o del motor y su sistema de control de emisiones integrados a las unidades nuevas objeto de esta NOM;
- d) Documento en el que se demuestre que se cumple con las disposiciones de la presente NOM, indicando la durabilidad de emisiones correspondiente.

La PROFEPA aceptará:

- i) Carta o constancia del fabricante del motor que incluya informe de resultados emitido por el laboratorio de prueba,
- ii) Certificado o constancia emitido por la autoridad de protección ambiental correspondiente al país de origen, o país de certificación, o
- iii) Certificado emitido por los Organismos de Certificación correspondientes al país de origen, o país de certificación.

La PROFEPA deberá resolver en un plazo no mayor a 30 días hábiles, contados a partir de la presentación de la solicitud.

En un plazo no mayor a 10 días hábiles la PROFEPA revisará la documentación presentada y en caso de detectar alguna omisión en la misma, prevendrá al interesado en términos de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, en este caso el plazo para que la PROFEPA resuelva el trámite se suspenderá y se reanuda a partir del día hábil inmediato siguiente a aquel en el que el interesado conteste.

El interesado contará con un plazo de 15 días hábiles para dar respuesta a la prevención a que se refiere el párrafo anterior.

En caso de que el particular no dé respuesta en el plazo arriba señalado, se desechará el trámite.

Si en dicho plazo la PROFEPA no emite respuesta, se entenderá que la solicitud fue rechazada.

8.3. Los Certificados o Actas de Cumplimiento NOM se otorgarán por familia de motor y tendrán como vigencia el tiempo en que éstos se comercialicen.



9. Vigilancia

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

10. Sanciones

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, Ley Federal de Procedimiento Administrativo, Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento y los demás ordenamientos legales que resulten aplicables, sin perjuicio de las que impongan otras dependencias del Ejecutivo Federal en el ejercicio de sus funciones.

TRANSITORIOS

PRIMERO. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 60 días después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. Al momento de entrar en vigor la presente Norma Oficial Mexicana, se cancela la Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-1993, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

TERCERO. Los nuevos límites máximos permisibles de emisión para la utilización de diesel de ultra bajo contenido de azufre (15 ppm máximo) correspondientes a las Tablas 1 y 2 serán establecidos seis meses después de la confirmación de la autoridad competente de la disponibilidad de diesel de 15 ppm máximo de azufre en todo el territorio nacional, de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

CUARTO. La entrada en vigor de los límites de emisión referidos en el transitorio que antecede no será menor a 18 meses contados a partir de que la autoridad competente determine que se cumple la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

QUINTO. El Estándar "A" de las Tablas 1 y 2 estará vigente hasta julio de 2011 únicamente para beneficio de quienes entreguen a cambio vehículos tal como lo refiere el "Decreto por el que se otorgan diversos beneficios fiscales" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2003. Para este efecto se deberá demostrar que las unidades repuestas cuentan con el certificado de destrucción.

SEXTO. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en términos del artículo 21 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente promoverá ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la creación de instrumentos económicos de carácter fiscal en los que se reconozca a aquellos que adquieran vehículos que cumplan el Estándar "B" a partir de la entrada en vigor de la presente NOM.

México, Distrito Federal, al primer día del mes de septiembre de dos mil seis.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **José Ramón Ardaín Ituarte**.- Rúbrica.

A continuación veremos una norma que es la mas actual habla de los niveles de opacidad del humo, medida de coeficiente de absorción de luz, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo, la cual es el principio de la aplicación de la prueba que va a regir de aquí en adelante y cuya duración va ser la que disponga la autoridad correspondiente.



PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Niveles máximos permisibles de opacidad, medida en coeficiente de absorción de luz, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006, PROTECCION AMBIENTAL.- VEHICULOS EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.- NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD, MEDIDA EN COEFICIENTE DE ABSORCION DE LUZ, PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO DE MEDICION.

JOSE RAMON ARDAVIN ITUARTE, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en los artículos 32 bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 5 fracciones II, V y XII, 6 y 7 fracciones III y XIII, 8 fracción XII, 9, 36, 37, 37 BIS, 110, 111 fracción IX, 112 fracciones V, VII, X y XII, 113, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; artículos 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46, 47 fracciones I, II, III, 70 y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; artículo 8 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; artículos 7 fracciones II y IV y 50 del Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, ordena la publicación del siguiente Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Niveles máximos permisibles de opacidad, medida en coeficiente de absorción de luz.- Procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición, mismo que fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en su primera sesión extraordinaria celebrada el 21 de febrero de 2006, el que se expide para consulta pública, de conformidad con los preceptos legales antes invocados, a efecto de que los interesados, dentro de los 60 días naturales siguientes a la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, presenten sus comentarios ante el citado Comité, sito en avenida bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209, piso 5o., colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, o enviarse al fax 56 28 08 98 o al correo electrónico roberto.wilson@semarnat.gob.mx para que en los términos de la citada ley sean considerados.

CONSIDERANDO

Que las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establecen que las normas oficiales mexicanas contendrán, entre otros temas, los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera, provenientes de vehículos automotores en circulación, considerando los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente, determinados por la Secretaría de Salud.

Que con fecha 22 de abril de 1997, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT/1996, Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

Que con fecha 13 de noviembre de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-077-SEMARNAT/1995, Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Que en virtud de que para la obtención de los niveles máximos permisibles que establece la NOM-045-SEMARNAT-1996, el Comité determinó incorporar el procedimiento de medición existente en la NOM-077-SEMARNAT-1995 y derogar esta última.

Que el procedimiento de medición vigente, indica que para la obtención de los valores de opacidad se debe acelerar el automotor “desde su régimen de velocidad de marcha lenta hasta su velocidad máxima sin

carga”, lo cual origina una serie de factores entre los cuales sobresale: a) que al momento de aplicar la marcha lenta, se empieza a desfogar una gran cantidad de humo que no es medido, y al ir incrementando la aceleración hasta la máxima velocidad, la concentración de humo para la obtención de los valores de opacidad es menor, de esta forma se obtienen lecturas que a opinión de los especialistas son menores por lo que no son reales; b) la etapa de aceleración inicial de “marcha lenta” es difícil mantenerla, lo que ocasiona que no haya uniformidad en las lecturas obtenidas.

Que por considerarlo necesario, se tuvo que desarrollar la actualización del procedimiento de medición (tomando como base la metodología empleada por la SAE-J 1667 de los Estados Unidos de América), y en forma consensuada se determinó incorporar algunos conceptos que se especifican en la Directiva 2003/27/CE de la Unión Europea, de esta forma se adoptó la técnica de aceleración instantánea de “Ralentí a Corte de Gobernador” la cual resulta ser superior por múltiples motivos a la vigente y sobre todo de fácil aplicación.

Que no se cuenta con una base de datos que justifique los valores propuestos por la aplicación de un método diferente al actual, y para sustentar los valores obtenidos se debe tener una fundamentación sólida y que no sea cuestionable, además de que los valores logrados durante el desarrollo de algunas pruebas de campo son similares a los que establece la Directiva Europea en su parte de excepciones, debido a los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento propuesto a muestras representativas de vehículos con diferentes familias y modelos de motores se observó un incremento en los valores obtenidos en más del 50% de los obtenidos con el procedimiento vigente, los cuales se considera que son un reflejo real de las emisiones de los automotores en circulación, y estos valores se acercan a la excepción europea.

Que derivado de lo anterior, se aceptó que los valores establecidos en las tablas 1 y 2 de la NOM-045 vigente, se tendrían que modificar a valores más reales y en virtud de no contar con otro sustento técnico que respaldara dicha modificación.

Que con lo anteriormente expresado se dará certeza técnica y jurídica en la aplicación de este instrumento, evitando las manipulaciones externas y diversidad de interpretaciones que se presentan con la norma vigente, y que puedan interferir en una buena verificación, con esto la población será beneficiada teniendo una mejor calidad del aire, mejorando por ende la salud de los habitantes.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir el siguiente:

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006,
PROTECCION AMBIENTAL.- VEHICULOS EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL COMO
COMBUSTIBLE.- NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD, MEDIDA EN
COEFICIENTE DE ABSORCION DE LUZ, PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y
CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO DE MEDICION**

PREFACIO

SECRETARIA DE SALUD Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud

SECRETARIA DE ECONOMIA

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES Dirección General de Autotransporte Federal

SECRETARIA DE ENERGIA



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL Dirección General de Gestión Ambiental del Aire Unidad de Departamento del Desarrollo Tecnológico de la Red de Transporte de Pasajeros

SECRETARIA DE ECOLOGIA DEL ESTADO DE MEXICO Dirección General de Protección y Control de la Contaminación Atmosférica

ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ (AMIA)

ASOCIACION NACIONAL DE ESPECIALISTAS AL SERVICIO DE COMBUSTION INTERNA, A.C. (ANESCI)

ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES, A.C. (ANPACT)

ASOCIACION NACIONAL DE TRANSPORTE PRIVADO (ANTP)

CONFEDERACION NACIONAL DE TRANSPORTISTAS MEXICANOS, A.C. (CONATRAM)

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION (CANACINTRA)

CAMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE PASAJE Y TURISMO (CANAPAT)

CAMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE PASAJE Y TURISMO (CANAPAT).- ENLACES TERRESTRES NACIONALES

CAMARA NACIONAL DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA (CANACAR)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Instituto de Ingeniería

CUMMINS, S. DE R.L. DE C.V.

GRUPO TRAFALGAR, S.C.

PRECISION INSTRUMENTAL AUTOMOTRIZ, S.A. DE C.V.

ROBERT BOSCH, S.A. DE C.V.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES, QUINTANA, S.A. DE C.V.

AFINA DIESEL, S.A. DE C.V.

MEDIOS Y PROCEDIMIENTOS TECNOLOGICOS, S.A. DE C.V.

GENERAL MOTORS, CO.

ADO Y EMPRESAS COORDINADAS

INDICE

1. Objetivo y campo de aplicación
- 2.- Referencias
- 3.- Definiciones
- 4.- Niveles máximos permisibles de opacidad
- 5.- Procedimiento de prueba
- 6.- Especificaciones del equipo de medición
- 7.- Procedimiento para la evaluación de la conformidad
- 8.- Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración
- 9.- Bibliografía
- 10.- Vigilancia de esta Norma



1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de coeficiente de absorción de luz, proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

Su cumplimiento es obligatorio para los citados vehículos, unidades de verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma, la maquinaria equipada con motores a diesel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.

2. Referencias

NMX-AA-023-1986, Protección al Ambiente-Contaminación Atmosférica-Terminología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

NMX-S025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas.

NMX-EC-17020-IMNC-2000, Criterios generales para la operación de varios tipos de Unidades (Organismos) que desarrollan la Verificación (Inspección) ISO 17020-2000.

NORMA NMX-EC-17025-IMNC-2000, Para evaluación y acreditamiento de Laboratorios de Calibración y/o ensayo Norma ISO/IEC 17025-1999.

3. Definiciones

Para efectos de la aplicación de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aceleración instantánea

El cambio de rpm's de velocidad de ralentí a la velocidad máxima que permita el gobernador del motor, accionando el acelerador rápidamente y de forma continua en una sola ejecución y un lapso no mayor de 1 segundo.

3.2 Año-modelo del vehículo

Periodo comprendido entre el inicio de la producción de determinado tipo de vehículo automotor y el 31 de diciembre del año calendario con que dicho fabricante asigne al modelo en cuestión.

3.3 Calibración

Conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento para medir y, de ser necesario, otras características metrológicas.

3.4 Unidad de verificación

Persona física o moral, acreditada y aprobada por la autoridad competente, que opera un centro de verificación de emisiones vehiculares en los que se realiza la evaluación de la conformidad de la presente Norma, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Programa de verificación vehicular.

3.5 Coeficiente de absorción de luz

Magnitud que representa la absorción de luz a través de la muestra de gases que se introduce en el opacímetro.

3.6 Humo de diesel

El residuo resultante de una combustión que se compone en su mayoría de carbón, cenizas y de partículas visibles en el ambiente.

3.7 Lecturas

Las mediciones obtenidas durante el desarrollo de la prueba.



3.8 Ley de Beer Lambert

Ecuación matemática que describe las relaciones entre el coeficiente de absorción de luz, los parámetros de transmitancia y la longitud efectiva, debido a que el coeficiente de absorción de luz no puede ser medido directamente.

$$\varnothing = \varnothing_0 e^{-KL}$$

donde:

L = Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

\varnothing_0 = Flujo incidente.

\varnothing = Flujo emergente.

3.9 Longitud efectiva

Longitud del haz de luz entre el emisor y el receptor que no es interceptado por un gas de opacidad constante.

3.10 Motor diesel

La fuente de potencia que se caracteriza por el ciclo de ignición del combustible por la compresión de la mezcla aire-combustible.

3.11 Opacidad

Estado en el cual un material impide parcial o totalmente el paso de un haz de luz, expresado en términos de la luz obstruida a partir del coeficiente de absorción de la luz.

3.12 Equipo de medición

El destinado a medir el coeficiente de absorción de luz, en este caso del humo de los vehículos a diesel, y que se compone principalmente de un opacímetro de cámara cerrada y de flujo parcial, el cual deberá cumplir con las características especificadas en el punto 6, de la presente Norma.

3.13 Peso bruto vehicular

Es el peso máximo del vehículo especificado por el fabricante expresado en kilogramos, consistente en el peso nominal del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal.

3.14 Ralentí

Son las RPM'S mínimas del motor establecidas por el fabricante que proveen la potencia necesaria para vencer sus pérdidas mecánicas.

3.15 Revoluciones por minuto (RPM)

Unidad de medida de la velocidad de rotación en los motores de combustión interna.

3.16 Sensor

Elemento que es capaz de detectar un cambio de una variable.

3.17 Transmitancia

La fracción de luz transmitida de una fuente que llega a un detector.

3.18 RPM'S a corte de gobernador

Son las RPM'S del motor alcanzadas, al momento en que la bomba deja de suministrar combustible a los inyectores, controlada conforme al tipo de mando, mecánico o electrónico del motor.

3.19 Vehículo automotor en circulación

El vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que transita en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.



4. Niveles máximos permisibles de opacidad

4.1 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor a diesel, en función del año-modelo del vehículo y cuyo

Tabla No. 1

Año-modelo del VEHÍCULO	Opacidad.- Medida como coeficiente de absorción de luz (K).- m^{-1}
1995 y anteriores	3.0
1996 y posteriores	2.5

4.2 Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motor a diesel, en función del año-modelo del vehículo y con peso bruto vehicular mayor a 3 857 kilogramos, son los establecidos en la tabla 2.

Tabla No. 2

Año-modelo del vehículo	Opacidad.- Medida como coeficiente de absorción de luz (k).- m^{-1}
1990 y anteriores	3,0
1991 y posteriores	2,5

5. Procedimiento de prueba

5.1 Requisitos del Vehículo, previos a la medición de opacidad

5.1.1 Se deberá verificar la condición de el/los escapes del vehículo, los cuales deberán encontrarse sin fugas y libre de obstrucciones para la introducción de la sonda de medición.

5.1.2 Los vehículos que se presenten a verificar deberán estar gobernados a las especificaciones del fabricante con una tolerancia de $\pm 10\%$.

5.1.3 Se deberán capturar los datos del vehículo, de su propietario y, en su caso, de su verificación anterior, requeridos por la autoridad correspondiente.

5.1.4 Proceder a apagar luces, aire acondicionado, radio y freno de motor para evitar sus interferencias en la prueba.

5.1.5 Revisar, en el caso de transmisiones automáticas que el selector se encuentre en posición de estacionamiento o neutral y en el caso de transmisiones manuales o semiautomáticas, esté en neutral y con el embrague sin accionar.

5.2 Procedimiento

5.2.1 El método para medir los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación, que usan diesel como combustible, es el de aceleración instantánea, consistente en una prueba estática del vehículo acelerando el motor, desde su régimen de ralentí hasta su régimen gobernado.

5.2.2 Colocar la sonda de medición de temperatura, dentro del depósito de aceite del motor.

5.2.3 El equipo deberá validar que la temperatura del aceite del motor tenga un valor mínimo de $70^{\circ}C$.

5.2.4 Colocar el tacómetro para la medición de las RPM's del motor.

5.2.5 Determinación de los RPM's de Ralentí, y a corte de gobernador del motor y del tiempo de aceleración.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

A) RPM's del motor en ralentí.- Estando el motor operando en ralentí durante 5 segundos consecutivos, el opacímetro debe determinar y validar sin la intervención del técnico las RPM's del motor, el cual no deberá ser mayor de las especificaciones establecidas por el fabricante con un margen no mayor de $\pm 10\%$ de tolerancia.

B) RPM's del motor a corte de gobernador.- Se deberá accionar el acelerador de forma gradual, de manera que se incremente las RPM's del motor, desde ralentí hasta alcanzar las máximas RPM's que permite el gobernador de dicho motor y una vez llegado a ese punto, sostenerlo por un periodo de 2 segundos. El opacímetro deberá determinar, sin la intervención del técnico, estas RPM's, con una tolerancia de $\pm 10\%$.

Para el caso de los motores que cuenten con dispositivo de control electrónico de aceleración estática o estando estacionado el vehículo. Las RPM's máximas del motor para la toma de las muestras, serán la que determine las especificaciones indicadas por el fabricante.

D) Si los incisos anteriores no pueden ser determinados por el equipo en los campos del sistema correspondiente y de acuerdo a las especificaciones del fabricante, el equipo debe desplegar un mensaje indicando: "El motor no alcanza su régimen de giro, según sea el caso", de acuerdo a la tabla de referencia.

Se debe registrar las RPM's establecidas los incisos anteriores.

5.2.6 Aceleraciones instantáneas

A) El equipo de medición debe realizar un ajuste a cero en sus escalas de opacidad, antes de dar inicio a la secuencia de aceleraciones funcionales.

B) El equipo de medición debe desplegar un mensaje al técnico que ejecuta la prueba para que éste realice una aceleración instantánea, y mantenerse en esa posición por dos segundos. Para ello el equipo debe indicar y registrar en la pantalla el tiempo de aceleración, que servirá como guía al técnico que está ejecutando la prueba.

C) Una vez que se mantiene el acelerador por 2 segundos a RPM's máximas (el permitido por el gobernador del motor), el equipo de medición deberá desplegar un mensaje a fin de que el técnico deje de presionar el pedal del acelerador, para que el motor regrese a ralentí.

5.2.7 Generación de resultados para la verificación del vehículo

5.2.7.1 El equipo de medición debe medir de manera continua el coeficiente de absorción de luz del humo de escape del motor del vehículo, registrando el valor máximo en cada aceleración.

5.2.7.2 Se deberán efectuar dos primeras aceleraciones, las cuales serán de desfogue, esto con el fin de efectuar una limpieza previa a las mediciones de opacidad que van a ser evaluadas.

5.2.7.3 La sonda deberá ser un tubo abierto dirigido hacia dentro del escape. Deberá estar situada en una sección donde la distribución del humo sea aproximadamente uniforme. Para lograr esto, la sonda deberá introducirse en el escape sujetándose a la pared del tubo mediante una pinza.

5.2.7.4 Se evaluarán las mediciones de emisiones de humo con base en una secuencia de aceleraciones instantáneas, como mínimo 4 y como máximo 10 hasta lograr 4 valores válidos que se sitúen en una banda cuyo intervalo no sea mayor a $0,25 \text{ m}^{-1}$.

5.2.7.5 Al término de las aceleraciones el equipo de medición deberá aprobar su ajuste a cero, en caso contrario, los resultados obtenidos se deberán desechar y desplegar un mensaje al técnico indicando que no se realizó una secuencia de aceleraciones válidas, debido a una falla del equipo de medición. En este caso, se deberán realizar nuevamente las mediciones.

5.2.7.6 La lectura a registrar es el promedio de los cuatro valores válidos obtenidos. Este valor calculado se considera aceptado siempre y cuando sea superior a cero.

5.2.7.7 Vehículos con múltiples salidas del humo de escape.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

A) En el caso que el vehículo cuente con múltiples salidas del humo de escape es necesario repetir la secuencia descrita en el punto 5.2.1 para cada salida independiente.

B) El coeficiente de absorción a registrar es el promedio de las lecturas obtenidas, en cada salida, de acuerdo al inciso anterior, siempre y cuando no difieran por más de $0,15 \text{ m}^{-1}$.

C) Si la diferencia entre las lecturas es más de $0,15 \text{ m}^{-1}$, se tomará el valor más alto.

El coeficiente de absorción de luz registrado en la prueba deberá compararse con los límites establecidos en el punto 4 de esta Norma Oficial Mexicana en función del año modelo del motor o del vehículo dependiendo de su peso bruto vehicular.

5.3 Registro de datos mínimos requeridos

Nombre	Descripción
PLACAS	Placas del vehículo, se deben excluir los caracteres I, Ñ, O, Q, y se deben validar las placas con la Norma 001-SCT2 (Norma de placas y tarjetas asignadas a cada estado y cada tipo)
NOMBRE	Nombre o razón social del dueño del vehículo según tarjeta de circulación
ESTADO	Domicilio del dueño del vehículo según tarjeta de circulación
MARCA	Marca del vehículo
MODELO	Año modelo del vehículo
MODELO_DSL	Año modelo del motor a diesel
ALIM_COMB	Tecnología de alimentación de combustible
CILINDROS	Número de cilindros del motor
TEMP_MOT	Temperatura del aceite del motor, en grados centígrados
MIN_RPM	Promedio de las revoluciones mínimas o de ralentí del motor a diesel de las cuatro aceleraciones válidas
MAX_RPM	Promedio de las revoluciones máximas del motor a diesel de las cuatro aceleraciones válidas
OPACIDAD	Promedio de las cuatro aceleraciones válidas
PBV	Intervalo de peso bruto vehicular

6. Especificaciones del equipo de medición

6.1 Para medir las emisiones a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, se utilizará un Equipo de Medición que consiste en un opacímetro de cámara cerrada y de flujo parcial, el cual deberá cumplir con las siguientes características:

6.2 La sonda de toma de muestra y las mangueras correspondientes deberán ser las originales del material, longitud y diámetros especificados por el fabricante del equipo de medición.

6.3 Disponer de un sensor de temperatura para verificar que el motor del vehículo funcione a su temperatura normal de operación.

6.4 Disponer de un sensor y equipo para medir y registrar las RPM'S del motor y los tiempos de aceleración.

6.5 El equipo de medición debe medir la temperatura de los gases de escape dentro de su cámara de humo.

6.6 Estar diseñado para soportar un servicio continuo de operación, mínimo de 12 horas por día.

6.7 Contar con una placa de identificación adherida a la parte exterior del mismo, en la que se precise: modelo, número de serie, nombre y dirección del fabricante, requerimientos de energía eléctrica y límites de voltaje de operación.

6.8 Ser hermético en todas sus conexiones.

6.9 Sus controles deben ser accesibles a los operadores.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

6.10 Contar con una escala total de medición, rapidez de respuesta y un máximo de desviación, de acuerdo a lo que establece la presente Norma.

6.11 Las lecturas del equipo de medición deberán ser registradas continuamente durante la prueba, cuya respuesta de tiempo es igual o más corta que la del sistema de procesamiento de datos.

6.12 El diseño del equipo de medición deberá ser tal, que bajo condiciones de operación a velocidad constante, la cámara de humo se llene uniformemente. La muestra de humo de escape estará contenida en una cámara que no tenga superficies internas con reflexión.

6.13 En la determinación de la longitud efectiva del paso de la luz a través del humo, deberá tomarse en cuenta la posible influencia de dispositivos que protegen la fuente de luz y la celda fotoeléctrica. Esta longitud efectiva debe ser indicada en el instrumento.

6.14 El equipo de medición deberá tener dos escalas de medición, una de ellas en unidades de absorción de luz de 0 a $\infty \text{ m}^{-1}$ y la otra lineal de 0 a 100% de opacidad, ambas escalas de medición se extenderán desde cero con el flujo total de luz hasta el valor máximo de la escala con obscurecimiento total.

6.15 Especificación de la cámara de humo y cuerpo del opacímetro

6.15.1 La incidencia en la celda fotoeléctrica de luz desviada, debido a las reflexiones internas o efectos de difusión, debe ser reducida al mínimo (es decir, por acabado de las superficies internas en negro mate y por un arreglo general adecuado).

6.15.2 Las características ópticas deberán ser de tal forma, que los efectos combinados de reflexión y difusión no excedan de una unidad en la escala lineal, cuando la cámara de humo sea llenada con un gas de un coeficiente de absorción de $1,7 \text{ m}^{-1}$ (uno coma siete metros a la menos uno).

Esto deberá comprobarse mediante el certificado de origen proporcionado por el fabricante.

6.15.3 La fuente de luz deberá ser:

Una lámpara incandescente con un intervalo de temperatura de 2 800 a 3 250 K (dos mil ochocientos a tres mil doscientos cincuenta Kelvin), o en su caso;

Una luz verde emitida por un diodo emisor (LED) con un punto espectral entre 550 y 570 nm (nanómetros).

6.15.4 El receptor deberá constar de una celda fotoeléctrica o fotodiodo con una curva de respuesta espectral similar a la curva de respuesta fotópica del ojo humano (respuesta máxima en el intervalo 550/570 nm (nanómetros); menor que el 4% (cuatro por ciento) de esa respuesta máxima abajo de 430 nm (cuatrocientos treinta nanómetros) y arriba de 680 nm (seiscientos ochenta nanómetros).

6.15.5 La construcción del circuito eléctrico, incluyendo la carátula indicadora, deberá ser tal, que la corriente de salida de la celda fotoeléctrica o fotodiodo sea una función lineal de intensidad de la luz recibida sobre el intervalo de la temperatura de operación de la celda fotoeléctrica.

6.15.6 El coeficiente K de absorción de luz se calcula con la fórmula:

$$\emptyset = \emptyset_0 e^{-KL}$$

donde:

L = Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

\emptyset_0 = Flujo incidente.

\emptyset = Flujo emergente.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Cuando la longitud efectiva L de un tipo de opacímetro no puede ser calculada directamente de su geometría, la longitud efectiva L deberá ser determinada por el método descrito en esta Norma o a través de la correlación con otro tipo de opacímetro para que la longitud efectiva sea conocida.

La relación entre la escala lineal de 0 a 100% (cero a cien por ciento) de opacidad y el coeficiente "K" de absorción de la luz es dado por la fórmula:

$$K = - \frac{1}{L} \ln (1 - \frac{N}{100})$$

Donde:

L = La longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

N = Una lectura en la escala lineal.

K = Valor correspondiente del coeficiente de absorción.

\ln = Logaritmo natural.

6.15.7 El tiempo de respuesta del circuito eléctrico de medición deberá ser de 0,9 a 1,1 seg. (cero coma nueve a uno coma un segundos) por ser el tiempo necesario para que el instrumento alcance el 95% (noventa

y cinco por ciento) de la escala completa con la inserción de un filtro completamente oscurecido en la celda fotoeléctrica.

6.15.8 La amortiguación del circuito eléctrico de medición deberá ser tal, que la sobre-lectura inicial por arriba a la lectura final constante, después de cualquier variación momentánea en la salida (por ejemplo: la calibración con pantallas), no excederá el 2% (dos por ciento) de esa lectura en la escala de unidades lineales.

6.15.9 El tiempo de respuesta del opacímetro no deberá exceder de 0,4 seg. (cero coma cuatro segundos), el cual se debe al fenómeno físico de la cámara de humo, siendo el tiempo que transcurre desde el principio de la entrada de gas a la cámara hasta el llenado completo de la cámara de humo.

6.15.10 Durante todo el tiempo de trabajo del opacímetro, la estabilidad no debe ser menor al 98% por ciento de escala completa en la escala de unidades lineales.

6.15.11 Tener una repetibilidad de $0,05 \text{ m}^{-1}$ de la lectura en la carátula indicadora del opacímetro cuando un filtro entre $1,6 \text{ m}^{-1}$ y $1,8 \text{ m}^{-1}$ y conocido dentro de una tolerancia de $0,025 \text{ m}^{-1}$ es introducido entre la fuente de luz y la celda fotoeléctrica durante 5 mediciones sucesivas con el mismo filtro.

6.15.12 El tiempo de estabilidad (calentamiento) debe ser menor de 10' (diez minutos) después del encendido.

6.15.13 El equipo deberá contener una placa informativa en un lugar visible indicando los requerimientos energéticos mínimos y máximos de operación.

6.15.14 En cada punto de la cámara de humo la temperatura del gas deberá estar entre 70°C (setenta grados centígrados) y una temperatura máxima especificada por el fabricante del opacímetro, de forma tal que las lecturas sobre el intervalo de temperatura no varíe por más de $0,1 \text{ m}^{-1}$ (cero coma uno metros a la menos uno), cuando la cámara esté llena con gas que tiene un coeficiente de absorción de $1,7 \text{ m}^{-1}$ (uno coma siete metros a la menos uno).

6.15.15 Las lecturas del opacímetro no deberán verse afectadas por variaciones de $\pm 10\%$ voltaje y de temperatura que se registren.

6.16 Comprobación del Funcionamiento del Opacímetro

El equipo de medición debe requerir y aprobar un ajuste a cero y span, tomando como referencia el aire ambiente al inicio de las actividades como parte de su secuencia de arranque. Si



no se genera un resultado aprobatorio, el equipo de medición debe quedar bloqueado para realizar pruebas de verificación, hasta en tanto no se obtenga un resultado satisfactorio.

El filtro utilizado para realizar el span debe ser trazable a CENAM con una incertidumbre expandida en su valor de obturación menor a 0,5% de unidades, medido en una escala lineal de 0 al 100%.

6.17 Calibración del Opacímetro

Se debe requerir una calibración con filtros patrón, el cual deberá ser realizado por un laboratorio de calibración acreditado dentro del Sistema Nacional de Calibración en los términos que marca la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cada tres meses en condiciones normales de operación, independientemente de que se realice cada vez que haya sido sometido a mantenimiento o reparación. Si el equipo de verificación realiza un promedio de 50 o más verificaciones por día, este requerimiento es cada 30 días.

Al llegar a la fecha límite sin haber realizado la calibración, el equipo debe autobloquearse.

La calibración debe utilizar cuatro filtros de opacidad absorbivos trazables al CENAM, con una diferencia de por lo menos 15 unidades uno del otro. La transmitancia de cada filtro expresado en unidades lineales debe ser conocida en todos las longitudes de onda entre 430 a 680 nm.

La incertidumbre expandida de cada filtro (con un factor de cobertura de 2,0) expresado en unidades lineales y con un nivel de confianza del 95% no debe exceder de 2 unidades en la escala lineal. (No deberán usarse filtros con una opacidad arriba del 80%).

Cada filtro debe introducirse un mínimo de 3 veces en el haz de luz del instrumento mientras está fluyendo aire limpio por la cámara de medición de los gases a la misma presión que estará presente en la cámara durante una prueba de verificación vehicular.

El procedimiento para la prueba es como sigue:

i) Realizar un ajuste a cero.

ii) Obtener una lectura estable del opacímetro sin filtro.

iii) Introducir el filtro en la cámara de humo. Cuando las lecturas se han estabilizado, imprimir los resultados junto con los datos cronológicos de operación, del centro y de la línea de verificación.

Repetir los pasos ii y iii tres veces para cada filtro, terminando el ciclo con el paso ii.

Comparar las lecturas con los valores de cada filtro. Si el promedio de las 3 lecturas de cada filtro varían del valor del filtro por más de la tolerancia máxima especificada, se debe considerar al opacímetro como fuera de especificaciones.

La tolerancia máxima permitida es de $\pm 2\%$ del valor del cristal.

7. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

El procedimiento para la evaluación de la conformidad de esta Norma Oficial Mexicana, se efectuará en los términos mínimos de las disposiciones particulares aplicables a esta Norma, las personas acreditadas y aprobadas, podrán complementar, de acuerdo a la Norma los aspectos mínimos a verificar señalados a continuación:

7.1 De la medición de los niveles máximos permisibles de opacidad

7.1.1 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y los Gobiernos de los Estados, establecerán en el ámbito de su competencia, los programas de verificación vehicular en donde se definirán las características de operación de los mismos.

7.1.2 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y los Gobiernos de los Estados, operarán, aprobarán y/o



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

autorizarán la operación de centros de verificación de emisiones vehiculares, mismos que deberán obtener la acreditación como Unidad de Verificación en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en un plazo no mayor a dos años.

7.1.3 Los propietarios o conductores de los automotores materia de la presente Norma deberán presentarlos a evaluación de sus emisiones contaminantes en los centros de verificación de emisiones vehiculares autorizados y/o unidades de verificación acreditadas, de acuerdo al calendario y con los documentos que establezca el programa de verificación vehicular que le corresponda y que para tal efecto emita cada autoridad ambiental.

7.1.4 Los niveles máximos permisibles de opacidad contenidos en las tablas “1” y “2” se evaluarán bajo el procedimiento de prueba definido en el numeral 5 de la presente Norma. Se considera que un vehículo pasa la prueba cuando la opacidad del humo emitido es igual o menor al nivel máximo permisible que le corresponda de acuerdo al año – modelo de la unidad y de su peso bruto vehicular.

7.1.5 El personal del centro de verificación de emisiones vehiculares y/o de las Unidades de Verificación entregará, al propietario o conductor del vehículo, el documento oficial en donde se haga constar el resultado de la prueba. En caso que los niveles de emisión incumplan con lo establecido en la presente Norma, el propietario o conductor del automotor deberá dar el mantenimiento vehicular necesario y volver a presentar su vehículo a revisión de sus emisiones, repitiendo el ciclo hasta obtener el documento aprobatorio.

7.2 De los equipos de medición

7.2.1 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales certificará el cumplimiento, con lo establecido en la presente Norma, de los equipos de medición de opacidad.

7.2.2 Las autoridades responsables de algún programa de verificación vehicular podrán autorizar el uso, en su programa, de equipos de medición de opacidad, siempre y cuando:

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, no haya autorizado equipos de medición de opacidad, o

Requiera de elementos especiales, no contemplados en esta Norma, para la operación de su programa. Siempre que estos elementos no contravengan ninguna disposición establecida en esta Norma.

Los equipos de medición deberán estar calibrados con trazabilidad a los Patrones Nacionales y/o Extranjeros de acuerdo con lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

7.3 De los centros de verificación vehicular y unidades de verificación de niveles máximos permisibles de opacidad.

7.3.1 Las autoridades responsables de algún programa de verificación vehicular podrán operar de por sí o a través de particulares autorizados, los centros de verificación de emisiones vehiculares y Unidades de Verificación acreditadas, que den servicio a los propietarios o conductores de automotores a diesel.

7.3.2 En el caso de los centros operados por la autoridad, éstos deberán contar con infraestructura que cumpla con lo dispuesto en esta Norma Oficial Mexicana.

7.3.3 Los centros autorizados y operados por particulares, deberán adquirir la figura jurídica de Unidad de Verificación en el plazo que establezca la dependencia que apruebe o autorice, para lo cual deberá cumplir con lo que se establece en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

7.4 De las Unidades de Verificación de procedimiento y Laboratorios de Calibración

Las disposiciones anteriores se verán complementadas por las especificaciones establecidas por las autoridades estatales, y las dependencias federales correspondientes en sus programas de verificación, que para tal efecto emitan.



I.- Las Unidades de Verificación y Laboratorios de Calibración, según sea el caso, deberán contar con todos los requisitos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, su Reglamento y tenerlos actualizados y disponibles a efecto de verificar todas las especificaciones de niveles máximos permisibles de opacidad de humo, procedimiento de prueba, características del equipo y calibración del mismo.

8. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas con base para su elaboración

La presente Norma Oficial Mexicana concuerda parcialmente con la Norma Internacional ISO11614:1999 en lo referente al método de prueba y con la Directiva Europea 2003/27/CE en lo que se refiere a los niveles máximos permisibles que se establecen en el apartado 4.

9. Bibliografía

9.1 American National Standard. SAE J-1667.- Snap-Acceleration Smoke Test Procedure for Heavy-Duty Diesel Powered Vehicles. Issued 1996-02.

Estándar Nacional Americano. SAE J-1667 Procedimiento de Prueba de Humo en Aceleración Instantánea para Vehículos a diesel de uso Pesado. Expedida en febrero de 1996.

9.2 Code of Federal Regulations 40, part. 81 to 99, revised July 2000, U.S.A.

Código de Regulaciones Federales 40, partes 81 a 99, revisado en julio de 2000, Estados Unidos de América.

9.3 DIRECTIVA DEL CONSEJO EUROPEO, del 2 de agosto de 1972; relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de contaminantes procedentes de los motores diesel destinados a la propulsión de vehículos (72/306/CEE) (do L 190 DE 20.8.1972, p, 1), 1972L0306-ES-05.06.1997-002.001-1

9.4 DIRECTIVA DEL CONSEJO EUROPEO, del 2 de agosto de 1972; relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de contaminantes procedentes de los motores diesel destinados a la propulsión de vehículos (72/306/CEE) (DO L 190 de 20.8.1972, p. 1) y modificada por M1 Directiva 89/491/CEE de la Comisión de 17 de julio de 1989 y M2 Directiva 97/20/CE de la Comisión de 18 de abril de 1997.

9.5 ISO 11614:1999(E), internacional Normal ISO 11614; primera edición 1999-09-01.

9.6 SAEJ225v001 Diesel Engine Smoke Measurement. (SAEJ225v001 Medición del Humo en Motores Diesel).

10. Vigilancia de esta Norma

La vigilancia de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; a los gobiernos del Distrito Federal, de los estados y de municipios, en el ámbito de sus respectivas jurisdicciones.

Las violaciones a la misma, se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.



TRANSITORIOS

PRIMERO.- Provéase la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los sesenta días siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

TERCERO.- La presente Norma Oficial Mexicana debe colocarse en un lugar visible en los centros de verificación autorizados.

CUARTO.- La presente Norma Oficial Mexicana será revisada, en específico, los valores contenidos en las tablas 1 y 2 de la disposición "4. NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD", en cuanto se disponga de información relacionada a resultados que se vayan obteniendo de diferentes estratos del parque vehicular a que se refiere la misma.

México, Distrito Federal, a los quince días del mes de junio de dos mil seis.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **José Ramón Ardavín Ituarte.-** Rúbrica.

En resumen estos son los avances que han tenido las normas mexicanas con respecto al avance de la tecnología en los motores y lo que es mas importante el combate a los altos índices de contaminación que imperan en el valle de México el cual es de grandes proporciones por ser una metrópoli que es el eje de la economía nacional y es una zona donde fluye la economía en grandes dimensiones.

B. Ciclos de Manejo.

Los ciclos de manejo son una herramienta de gran utilidad en los desarrollos de pruebas de emisiones de vehículos, en muchos países del orbe, existen gran variedad de ellos puesto que de acuerdo a la configuración regional y de tráfico de un país, es como estos se desarrollan, en los países industrializados, como Estados Unidos, existen los ciclos de manejo desde los años sesentas, es el "Federal test procedure", o , procedimiento de la prueba federal, el cual fue muy eficiente en un momento dado sin embargo dado que en este tiempo el mundo es muy cambiante, se ha ido mejorando y en algunos casos como en los países europeos, se han diseñado nuevos ciclo de manejo acordes con las carreteras y los tiempos.

Cabe recordar que en nuestros días es urgente y vital el ataque frontal a los altos índices de contaminación, así como tener en cuenta que al quemar los combustibles de manera indiscriminada, no solo contaminamos la tierra, sino que estamos terminando con las fuentes de energía que son los recursos no renovables como el petróleo, con el consumo exagerado del petróleo, observamos que estamos generando cantidades descomunales de CO₂ que es gas principal, que como sabemos hace posible el desarrollo de el efecto invernadero, el cual es el principal contaminante, producido por los grandes países del orbe, y consecuentemente este gas es el producto del abuso desmedido de el consumo en la industria del auto transporte, por lo cual es imperativo desarrollar nuevas estrategias para combatir estos

UN ciclo de manejo es un perfil de velocidades, que se analizan basados en una representación tiempo espacio que asemejan una forma de conducir, en una ciudad o una autopista, tomando en cuenta varios factores, como la tecnología del vehiculo, las características del trafico, así como también la altura de el lugar donde se conduce e igualmente el clima.

Pero los ciclos de manejo no solo contemplan la contaminación ambiental en si pro su propio estudio y naturaleza sino que sirven también para otras cosas como es diseño estratégico de una ciudad, los



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

avances en las tecnologías de un auto, así como establecer estudios ecológicos que permiten revelar la importancia de la relación de la interacción de los seres vivos en este caso el hombre y la naturaleza.

El tráfico en las ciudades es algo dinámico dado que constantemente va cambiando ya sea por la introducción de nuevas tecnologías a los vehículos, el crecimiento de la población, las modificaciones al transporte público etc., Todo lo anterior propiamente dicho es el preámbulo para tomar en cuenta que los ciclos de manejo nos son algo preciso y abstracto, sino que son herramientas a desarrollar según sea el caso y naturaleza de lo que estén analizando, que quiero decir que estos ciclo exigen cambios constantes dado el avance de tecnologías y crecimiento de ciudades.

En nuestro país un grupo de científicos (LCE) realizo un estudio de los ciclos de manejo obteniendo sus resultados con respecto a que existen cinco ciclos de manejo para la ciudad de México, y que corresponden a las zonas noroeste, noreste, centro, sureste y suroeste

Además de estos estudios se han realizado algunos mas con respecto a comparaciones de efectividad entre los ciclos que se encuentran vigentes, y uno de ellos es el estudio que se realizo al comparar y revisar el federal test procedure o el procedimiento de prueba federal, por parte de la EPA en 1998, para lo cual contrato dos empresas particulares, las cuales realizaron el estudio en dos ciudades (Baltimore y Spontake), en los cuales al realizar el estudio se observo que el comparativo entre Baltimore y el ftp demostraban que el FTP es mas conservador, y se muestra en los resultados arrojados en la tabla siguiente:

	Velocidad mph	
	FTP	Baltimore
Media	19.59	24.50
Desv.std	14.59	20.52
Máxima	56.70	94.46
Mínima	0.00	0.00
No. De datos	1369	3,365,504
	Aceleración(mph/s)	
	FTP	Baltimore
Desv.std	1.40	1.50
Máxima	3.31	15.19
Mínima	-3.31	-19.49
NO.de datos	1368	3,360,550
	Potencia (mph)	
	FTP	Baltimore
Media	38.60	46.02
Desv.std	31.64	42.96
Máxima	191.85	557.69
Mínima	.01	0.00
No.de datos	544	1,407.908

Los resultados arrojados demostraron que el FTP no contiene velocidades por en cima de los 56.7 mph y la aceleración no excede las 3.3 mph/s ya sean negativas o positivas. En cambio en el caso de Baltimore el 8.5% de las velocidades esta por encima de los 56.7 mph con respecto a la aceleración el 2.5% excede el valor de 3.3 mph/s, mientras que el 3.5% esta por debajo de este valor.

De acuerdo con el método de recolección de datos se tomaron diversas muestras de los vehículos por medio de un dispositivos que llamaron Dataloguer, el cual media cuatro parámetros, los cuales eran: 1.-régimen de giro, 2.- régimen de consumo, 3.-velocidad del vehiculo y 4.- presión de vacío en el múltiple de admisión.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Sin embargo los fabricantes de vehículos solicitaron su adhesión al proyecto por lo cual se anexo un programa de adquisición de datos, con los cuales también se ocuparon unos sensores para medir los siguientes parámetros:

- 4.-Temperatura del refrigerante
- 5.-posición de la válvula de mariposa
- 6.-el dosado (relación combustible- aire).

En total se estudiaron 730 vehículos en los cuales se analizaron de tres a seis parámetros estos vehículos registraron seis millones de segundos de registro de datos para corroborar los datos que se obtuvieron se mesecito de un coche caza para el cual se registraban los mismos datos de forma alternativa para poder registrar una misma velocidad entre el prototipo y este mismo, a continuación observaremos los resultados obtenidos del coche caza.

Mediciones del comportamiento de manejo	Baltimore		Spontake	
	Carro caza	Vehiculo Instrumentado	Carro caza	Vehiculo instrumentado
Velocidad (MPH)				
Promedio	30	24.50	29.80	23.24
Máximo	79	94.16	83.20	77.5
Desv. Std	21	20.52	19.50	1771
No. De datos	191,119	3,365,504	175,137	2,081,199
Aceleración(mph/s)				
Mínima	-20.80	-19.49	-11.30	-15.46
Máxima	8.13	15.19	7.79	15.95
Desv. std	1.39	1.50	1.42	1.46
Potencia(mphs))				
Promedio	22.2			
Máxima	577.30			
Long.de viaje prom.	7.48			
Tiempo prom de viaje (min)	14.61			

Cabe mencionar que desde el principio del estudio la EPA conocía que el coche Caza tenia la facilidad de registrar la forma de conducir de manera agresiva, cosa que los otros vehículos realizan con algo de dificultad dado que no eran conducidos de manera lineal.

El FTP es muy parecido a la forma de conducir en Baltimore, y más aun cuando se considera la forma de conducir en Baltimore por la mañana. Otro aspecto de comparación es los periodos de reposo de el FTP y EL Baltimore, dado que el FTP tiene dos periodos de reposo, uno que dura toda la noche y otro que dura solo diez minutos, sin embargo el de Baltimore solo contempla los periodos entre cuatro horas y diez minutos que es en si el periodo critico para el enfriamiento del catalizador. Los datos nos demuestran que el FTP exagera en arranques con el catalizador a cliente Así como también los arranques con el motor caliente, indirectamente acepta que el 57% de los arranques los hace con el catalizador caliente y que solo el 30%, También asume que 43% de todos los arranques ocurren con el



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

motor frío y los datos actuales indican que solo el 25% de los arranques ocurren a temperatura ambiente (+/-) 25°F.

De manera global se observa que estos datos se pueden compensar con el porcentaje de motor frío y catalizador caliente, pero los que no se pudieron modificar fueron los de los periodos de reposo, dado que no ofrecen incentivos para los fabricantes para demorar el enfriamiento del catalizador, dado que en el arranque después de diez minutos de descanso, el catalizador va a estar mas caliente que si hubiera estado en reposo toda la noche. En síntesis, no se puede disponer tampoco de un aislante que mantenga la temperatura toda la noche, se sugiere proponer mejor un periodo de reposos intermedio.

Finalmente se comento también un aspecto de vital importancia al momento de proponer un ciclo, que es estudio de las pendientes en el camino. La EPA a principios de los ochenta realizo un estudio en donde se demostró que en los EEUU los caminos estaban configurados de las siguiente forma, 30% de estos manejaban unas pendientes de 2%, y otros caminos tales como el 35% manejaban unas pendientes entre 0,5 y 2%, en tanto que los caminos restantes se manejaban con menos de el 0,5. esto quiere decir que el FTP en su desarrollo no contempla estas pendientes en sus mediciones con el dinamómetro y que pues no están exacto dado que este estudio contempla los caminos como llanos y sin pendientes, y pues debemos observar que el mundo real no es así.

UNION EUROPEA.

Un gran numero de países principalmente de la unión europea, se han preocupado en ola actualidad por diseñar ciclos de manejo que manejen mas verazmente su realidad, asemejando las condiciones actuales tanto en carretera como autopista...

El ciclo europeo de manejo no contiene tantas fases de aceleres o transitorias, el ciclo repite la parte urbana 4 veces, y la máxima aceleración que se registra es de 0 a 50km/h en 28 seg. Dicho ciclo es entonces escasamente representativo de las condiciones normales.

Numerosos estudios realizados en distintos países, como Alemania, Italia, Gran Bretaña, Francia y Asia, coincidieron en algunos puntos en el ciclo de manejo en velocidades con el FTP-72, en estos estudios se observaba que en los estudios de los japoneses se tiene que las aceleraciones son mas cíclicas que en el modo europeo y que el modo europeo es el que mantiene parámetros de aceleraciones mas disparados con respecto de los demás.

Además que existe otro parámetro muy importante al considerar la construcción de los ciclos de manejo el cual es el consumo de combustible, en lo particular se han realizado estudios con respecto de estos sucesos como el estudio de Kyoto 97 el cual arroja resultados verdaderamente interesantes en el estudio de las emisiones automotrices de CO₂, Este gas como ya sabemos es una fuente importante en la contribución de el efecto invernadero en las grandes ciudades.

Mas adelante les mostraremos una tabla en donde se observan las grandes diferencias entre el estudio que se realiza en los laboratorios y los resultados de una serie de pruebas de manejo cotidiano de varios vehículos, aunque es de hace algún tiempo revela datos importantes respecto a nuestro estudio y en general la prueba cita la mayoría de los factores que afectan el buen uso de l combustible los cuales se agrupan en tres grandes grupos:

1.-Inherentes al operador (patrón de manejo), el cual también tiene gran repercusión pues de ahí también depende en gran medida la eficiencia del motor.

2.- Inherentes al vehiculo (tiene que ver con la resistencia al rodamiento, velocidad y tipo de neumático, resistencia al avance)



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

3.- Tecnología del vehículo, tipo de combustible ya sea gas, diesel, gasolina, gas LP, entre otros además de desplazamiento en cilindros, número de válvulas, tiempo de encendido, además de el incorporamiento de aditamentos extras como son turbocompresor, postenfriador o tipo de ignición ya sea encendido por chispa o por compresión,

En 1998 la unión europea firmo un convenio con la asociación de fabricantes de carros europeos (ACEA), en donde acordaron que el promedio general de vehículos fabricados en 1998 no debían de exceder el límite de 140g. de CO₂ por kilómetro recorrido, este dato fue obtenido del ciclo europeo de pruebas de manejo, el cual define los ciclo de consumo de combustible del eurotest de la directiva con registro 93/116/EC, esto resulta con una mejora en el consumo de combustible respecto a años anteriores.

Otro de los acuerdos contempla que para principios del siglo XXI los camiones de pasajeros emitan una cantidad de 120g. de CO₂ por kilómetro recorrido, todo esto por la política que se mantiene con respecto al combate al efecto invernadero, siendo el CO₂ uno de los principales gases promotores de lo mismo.

Después de todo el consumo de combustible en el tipo de prueba europeo se redujo en gran medida dado que en realidad si tuvo una baja el consumo del mismo y las razones son las siguientes.

1.- la aceleración del vehículo y las RPM del mismo son mas bajas que el promedio ya que el promedio de aceleración del eurotest es de 0.5 m/s² mientras que en la mayoría de otros ciclo las pruebas son de 0.7m/s².

2.- Los fabricantes preparan sus vehículos para el eurotest por lo cual se cree que mejoras el consumo de combustible y se le atribuye en gran medida a las nuevas tecnologías como en los autos de encendido por chispa que tienen una introducción la mezcla de combustible estratificada lo cual mejora de alguna manera el rendimiento del combustible.

3.-el eurotest se realiza con neumáticos pequeños y sin accesorios como el aire acondicionado y en los otros casos conectan diversos accesorios así como también le colocan a los vehículos neumáticos más anchos y utilizan muchos dispositivos auxiliares.

También se realizo una prueba en Holanda par medir de igual forma el consumo de combustibles, la prueba se realizo en 120 automóviles y se obtuvo como resultado que el eurotest estima un 10% menos de consumo de combustibles a diferencia que las pruebas realizadas en Alemania en donde se registro una diferencia del 17%, sin embargo hay que tomar en cuenta que en Alemania las autopistas no tienen limites de velocidad.

En los EEUU la EPA desarrollo una prueba para vehiculaos de peso ligero (Svenks Bilproving Motorcenter 1997) denominado HWFET (High Way Fuel Economy Tast) el cual es un programa para dinamómetros de chasis el cual tiene una duración de 765 s. y tiene un recorrido de 16 km. Y una velocidad promedio de 77.7 kph.

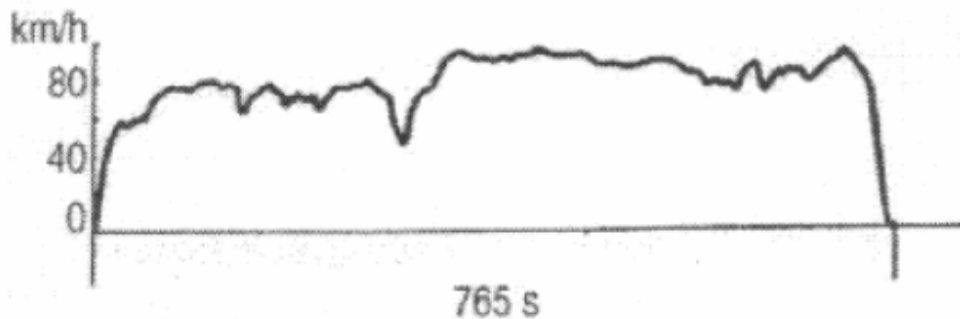
En otra investigación de la misma línea se observo que efectivamente estos modelos reproducen casi a la perfección los patrones de manejo de la vida real pero no contemplan que en el mundo real existen cambios y variaciones que la mayoría de las veces no son observadas por los ciclos de manejo oficiales en los distintos países



Tabla 3 Diferencias en rendimiento de combustible Pruebas /realidad en distintos países

País	Año	Prueba	Real	Diferencia promedio	%diferencia	Comentarios
Canadá	1988	8	10	2.0	20	Rendimiento real pruebas de laboratorio
Modelo individual.	1985	8.6	10.7	1.1	19.6	Viajes diarios comparando 1/3 ciudad, 1/3carretera, 1/3 autopista
Francia	1988	6.5	8.4	1.9	23	Pruebas DIN vs DIW reales
Alemania	1987	7.7	9.8	2.1	21.4	KOV comparando con lo resultado
Suecia	1987	8.2	8.5	0.3	3.5	Encuesta RTCE
EEUU autos	1985	9.7	11.9	2.2	18.5	
camiones UK	1985 1989	11.6 7.2	14.5 9.3	2.29 2.1	20 22.6	Valor prom.para el registro de la prueba.

Al describiere esta tabla se obtiene el ciclo para la economía de combustible de EPA.



Ciclo para la economía del combustible

Como se ha observado anteriormente la unión europea tiene convenios con empresas que cuidan de preservar el ambiente como el ICEM (European Developer for hibrid vehucles technologic aproaching effcient zero movility. Artemio, assesmente and reability of transport emisión movile and inventory sistem y Modem Modeling of emission and fuel compsumtuon in urban areas, y sus objetivos son:

1.-Establecer un conjunto de ciclos de manejo que reflejen la forma de conducir real, pero de igual forma asegura su buen aprovechamiento a nivel naciones, así como la mejor en la eficiencia de los combustibles y asegurar la compatibilidad con el inventario europeo de emisiones.

2.- Asegurar la validez y la representatividad de la base de datos y ciclos de manejo a través de la comparación, tomando en cuenta datos complementarios.

3.- Definir claramente los tres ciclos como el de ciudad carretera y urbana así como también definir los sistemas en subsistemas como el manejo urbano libre o el tráfico urbano con tráfico.



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Para lograr esta información varios países reunieron una serie de datos durante diez años y al recopilar toda la información obtuvieron estos ciclos como resultados:

MODEM and MODEM- IM CICLES Datos que se obtuvieron en 58 autos en países como Francia, Reino Unido y Alemania y representan el parque vehicular respectivo se completaron en total de 1400 días, 73000 Km., 8200 viajes y 1680 horas de manejo y se obtuvieron ciclos de manejo urbano, urbano lento, urbano de libre tránsito, de carretera y de autopista

MODEM HYZEM-CICLES Se anexaron los datos anteriores y las pruebas se realizaron en Grecia y se colocaron en los autos los cuales fueron manejados por sus propietarios para completar 2000 días, 10300 viajes y 88000 kilómetros recorridos y 2200 horas de manejo, resultados en los cuales se obtuvieron ocho ciclos de manejo que describen cabalmente los modos de manejo y las características de las carreteras reales.

ARTEMIS CICLES: Se usaron las bases de datos de los ciclos MODEM Y MODEM HYZEM. Pero ahora aumento la información de Suecia y de Italia (16600km) se validaron los datos obtenidos y se construyeron tres ciclos urbanos, de carretera y autopista así como también se subdividieron estos ciclos en 12 partes o subsistemas.

INREST-PVU. Se tomó un muestreo de 39 vehículos ligeros, doce automóviles y doce camionetas pequeñas de pasajeros y 15 vans de 2 a 3.5 ton. Fueron utilizados para completar un total 9728 viajes, 78100 km, 1100 días y 2160 horas de manejo se generaron de 6 a 9 ciclos dependiendo la naturaleza y uso del vehículo generándose situaciones como de tránsito urbano denso, libre, mensajería, cartería y autopista aplicando carga pesada y ligera a los vehículos.

La derivación de los ciclos antes descritos se debía a los pesos de cada vehículo y su uso en específico.

Ciclos de manejo para autobuses.

Con las nuevas tecnologías se mejoran los consumos de combustibles así como la duración de los vehículos y su recorrido en km., por lo que sería interesante crear una legislación en lo que se refiere a la emisión de los contaminantes de los mismos.

Los autobuses son un transporte de gran importancia en las grandes ciudades dado que pueden aportar soluciones en transportes de carga y de pasajeros, pero como vemos al ser estos de carga pesada, pues tiene en la mayoría de los casos trabajar con un motor diesel dado que es más económico y aguantador que los que son de gasolina, sin embargo como ya sabemos estos vehículos emiten grandes cantidades de CO₂, lo cual es un punto de controversia a la hora de buscar soluciones por este método, dado que a pesar de los grandes avances tecnológicos desde hace cuarenta años de estudios se ha mejorado pero todavía se registran en los motores diesel más de cuarenta sustancias contaminantes y quince de estas consideradas como cancerígenas.

Es conocido también que el trabajo de un autobús en para- arranque exacerba sus emisiones contaminantes en mucha proporción.

En Europa este caso fue estudiado por el país de Gales ya que contrató una empresa de protección al ambiente con sede en Australia, el proyecto consistía en analizar este funcionamiento para compilar información y obtener situaciones reales, (ANYON 2001).

Estos ciclos denominados composición de ciclos de manejo para emisiones urbanas (composite urban emission drive cycles CUEDC), fueron sintetizados en un largo análisis, de estudio que se realizó en Sydney este reporte contempla las condiciones de manejo en las grandes ciudades además de tipo



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

de manejo agresivo. El estudio arrojó resultados de los cuales se obtuvieron cuatro modos o ciclos descritos a continuación:

El trazo de perfiles aplicados a vehiculote 12 a 25 ton. define congestionado (328seg.), manejo en carreteras secundarias (509 segundos), arterias (431 segundos), autopistas (528 segundos).

El segmento congestionado está caracterizado por bajas aceleraciones, frenados intensos separados por cortos periodos de tiempos inactivos (sin carga, con velocidad cero o muy baja).

Manejo en carreteras secundarias es caracterizado principalmente por velocidades debajo de los 60 kmh, por periodos de descanso que no son frecuentes indicando un flujo libre, glorietas y vueltas en las intersecciones señaladas por los semáforos.

El manejo en arteria tiene altas aceleraciones por periodos espaciados para descansar en los semáforos.

El manejo en autopista tiene aun velocidades más altas con pocas interrupciones y periodos más altos de velocidades crucero.

Se ha mostrado claramente que la única forma de medir de manera correcta las emisiones de estos vehículos es con dinamómetro de rodillos que manejen condiciones reales de manejo, es muy importante mencionar eso por que hasta ahora solo algunos países aplican esta prueba de emisión tan importante y que refleja las condiciones de manejo reales.

Hasta hace poco el pensar en utilizar este tipo de tecnología, significaba estimar con esto costos prohibitivos, sin embargo con los cambios que se generan en cuestiones tecnológicas día con día, se ha reducido dramáticamente su costo, dado que las tecnologías en los vehículos mejoran y así como también la calidad de los combustibles, además de que en el plano de la propia naturaleza del vehículo se puede tener un buen programa de mantenimiento para ayudar significativamente a ahorrar combustible y a reducir las emisiones de contaminantes

Tabla 4.- comparación de emisiones medidas en el escape y consumo de combustible en diferentes condiciones de manejo urbano.

Estimaciones medidas en (g/km) y consumo de combustible en (t/100km)					
	50 kmh cte.	80 kmh cte.	Flujo congestionado	Carreteras secundarias	arterias
CO2	865	964	1541	9.97	1080
NOx	8.68	12.16	13.37	9.89	11.18
PM	2.41	0.344	1.051	0.77	0.545
C.com	32.69	33.43	58.24	37.47	40.63

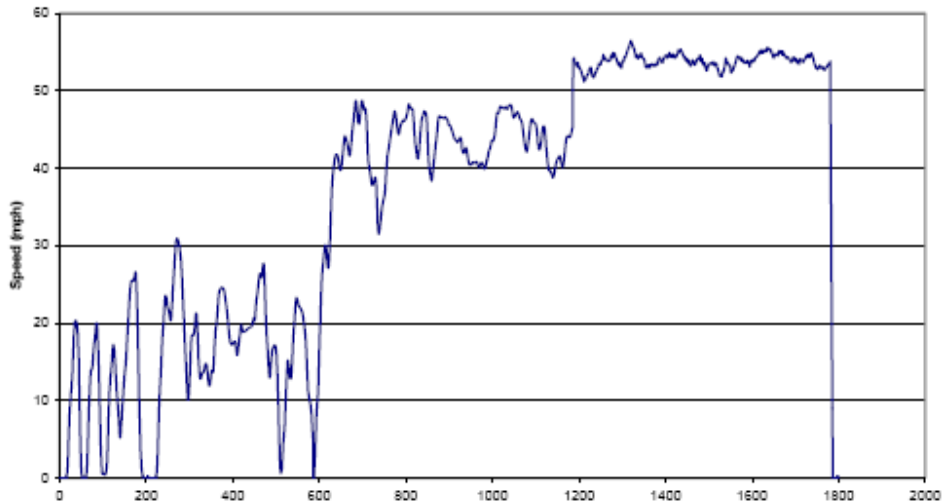
Existen otros ciclos para el servicio pesado tanto en la unión europea y los EEUU tales como el ciclo de FIGE desarrollado en Alemania en Aachen en 1994, este ciclo describe las condiciones de manejo para un ciclo urbano, de carreteras y de autopista el ciclo dura 1800seg. Dividido para cada etapa en tres partes iguales, el ciclo comienza en la conducción por la ciudad a 50kmh, con paradas continuas, la parte dos comienza con una parte de aceleración y llega a una velocidad promedio de 72 kmh, y la tercera parte consiste en la conducción en autopista con una velocidad promedio de 88kmh, FIGE desarrollo estos ciclos considerando dos variantes una fue para pruebas de chasis con dinamómetro y la prueba para la certificación de motores en este caso llamado el ciclo ETC el cual es considerado también para ser una prueba de laboratorio.



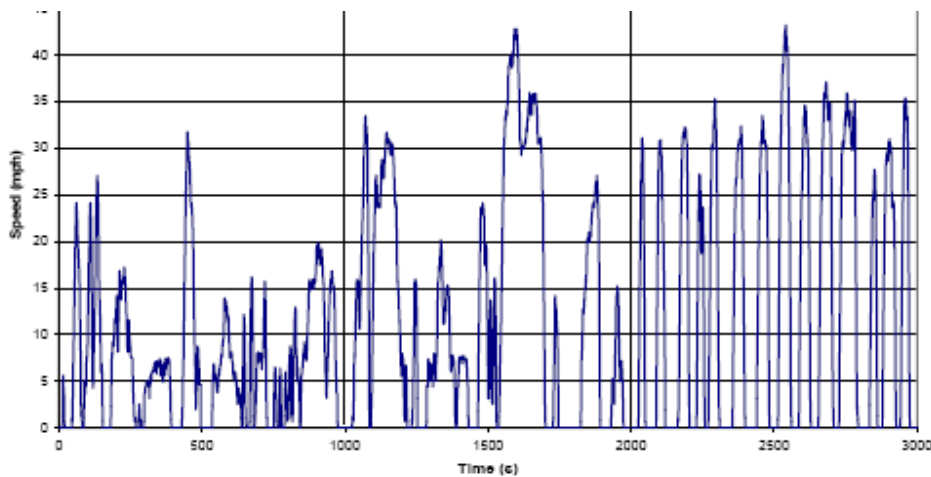
CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Esto asemeja a un ciclo de manejo que se realiza en el condado de Orange en California en donde los autobuses son sometidos a la citada prueba de chasis, esta prueba fue realizada por la universidad de Virginia del este, la prueba trata de demostrar como se evaluó a los autobuses urbanos que circulan por la población de Los Ángeles California.

Ciclo transitorio Europeo ETC



Este es el resultado del análisis a la ciudad de orange.

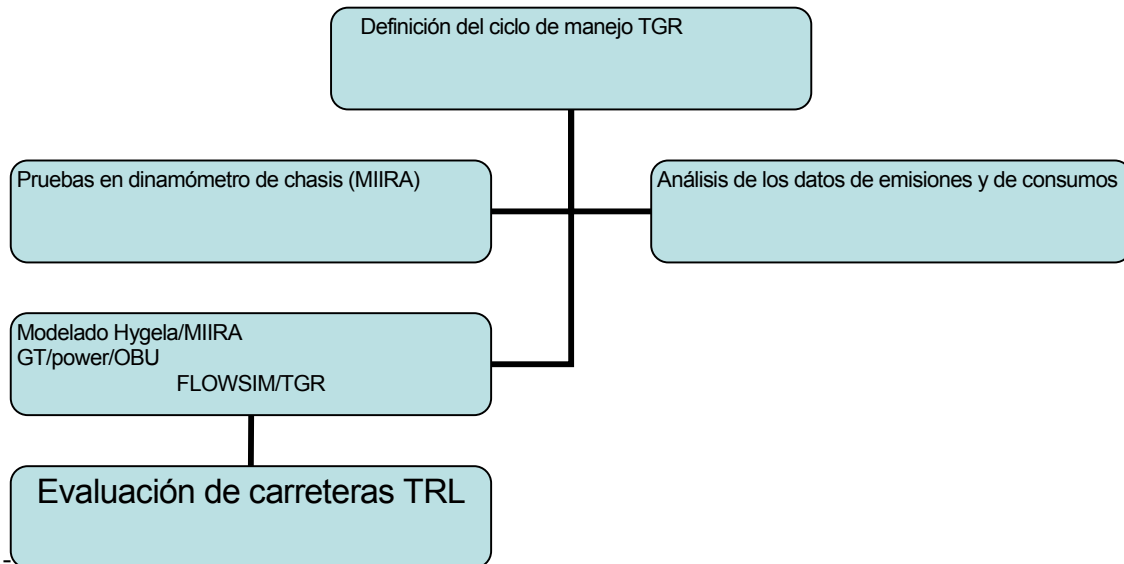


Proyecto AVERT (Adaptation of vehicle environmental response By telematics.) se desarrollo en Inglaterra lugar en donde se investigo mas profundamente por parte del autor de este articulo el cual estuvo en estudio de estrategias a fin de buscar nuevas soluciones a los problemas de contaminación en la ciudad, entre esas tecnologías se consideran la evaluación de que los vehículos puedan ser alterados en su potencia remotamente cuando estos se encuentren en una zona donde la calidad del aire sea netamente pobre y así mantener bajos sus niveles de emisión de contaminantes, y para mantener alerta la comunicación se cuenta con un dispositivo road traffic advisor (RTA) el cual usa una comunicación de rango corto para recibir y enviar señales entre los vehículos y la estación de señales



CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

de carreteras en el proyecto participaron varias instituciones importantes cada una de la cuales desarrollo un papel importante en eso y se describe un organigrama de ello.



Organización de las tareas para los integrantes del proyecto Avert.

En la Universidad de Southampton se creó un ciclo al utilizar solo un automóvil Lupo V16 en el cual se desarrollaron tres tipos de ciclos de manejo para el área urbana: Agresivo, Intermedio y pasivo. Además de mencionar que los fabricantes están considerando el hacer que sus vehículos mantengan emisiones de cero o de casi cero por lo cual analizan las posibilidades de vehículos con fuerza motriz alterna ala de combustión interna.

EN MEXICO.

SE puede hacer una reseña breve de cómo ha crecido el parque vehicular en México a través de los años. En 1898 entro el primer vehiculo comercial a la CD. De México y era un dellanu Belleville era francés y fue hecho a mano en talleres especiales de las fabricas de Couviere. En 1930 habían 88430 vehículos en la republica mexicana y esta contaba ya con 16, 588,522 habitantes, o sea, 187.6 habitantes por vehiculo, en 1938 la relación era de 150y en 1946 de 114, posteriormente en las décadas de los 70s, 80s y 90s esta relación oscila entre los 16 y 12. tomando en cuenta este detalle y la necesidad de un control en el consumo de combustible y de la necesidad que existe en la ciudad de tener ciclos de manejo un grupo de trabajo de la UNAM, propuso al gobierno de la ciudad de México un proyecto para diseñar y construir un banco de motocicletas así como el desarrollo de ciclo de manejo para las motocicletas y de vehículos ligeros, de esta manera instrumentada la propuesta se utilizo un vehiculo de la marca nissan modelo ichi van año 1993 equipado para poder monitores el tiempo de los viajes así como también el numero de giros de cigüeñal, y la temperatura del aceite, y de la mariposa del carburador.

La recolección y almacenamiento de datos se realizo a través de un sistema de monitoreo de datos abordo (SADAB), que fue desarrollado en este laboratorio con este fin especifico, soportado por un modelo estadístico aleatorio completo (González y Galván 2003).

Los desarrollos se efectuaron entre mayo del 98 y junio del 2003 abracando cinco zonas del valle de México como se muestra a continuación



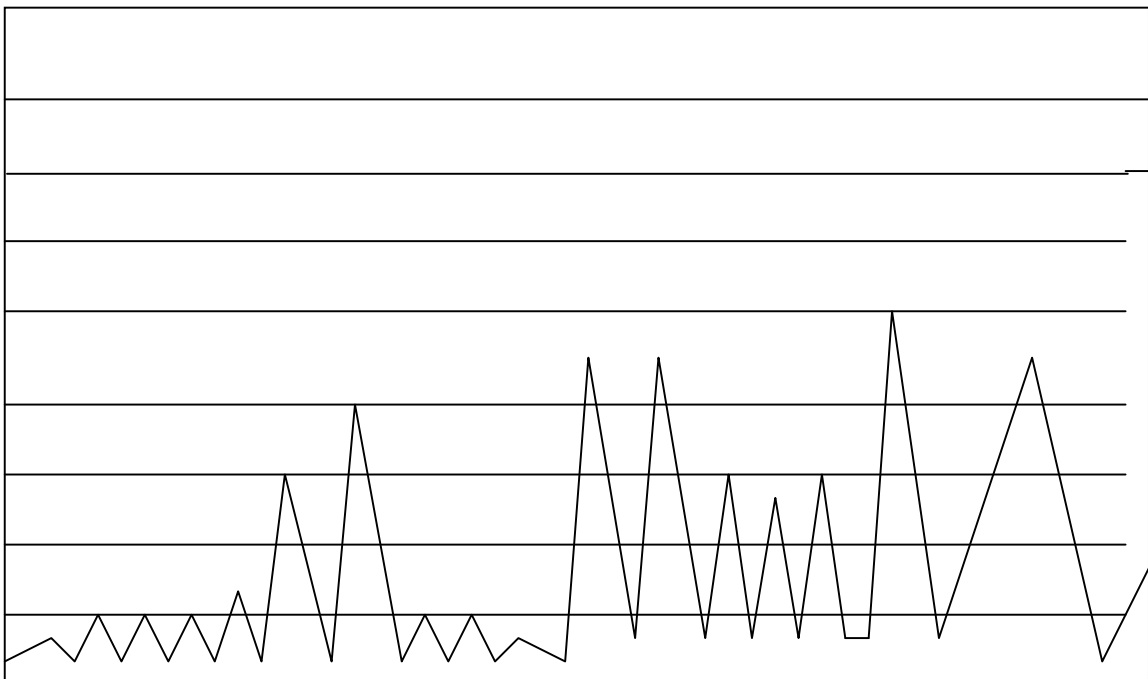
CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

Ciclo ciudad de México zona noroeste.



Av. Cuitlahuac y calzada vallejo, Egipto, floresta , heliopolis, av 5 de mayo, santa lucia , calzada de la naranja, calzada de las armas, av. De las culturas, eje cinco norte, san pablo, av gasoducto, eje cuatro norte antigua calzada de Guadalupe y eje 1 poniente.

Ciclo ciudad de México Zona noreste.

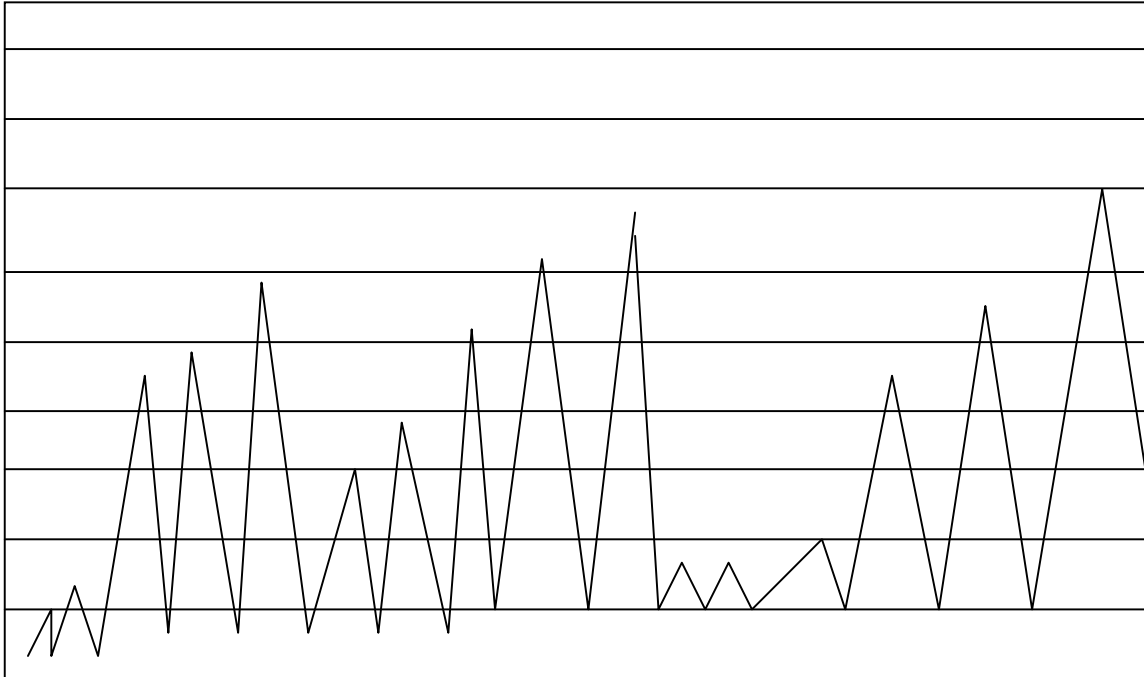




CAPÍTULO II: METODOS DE PRUEBA

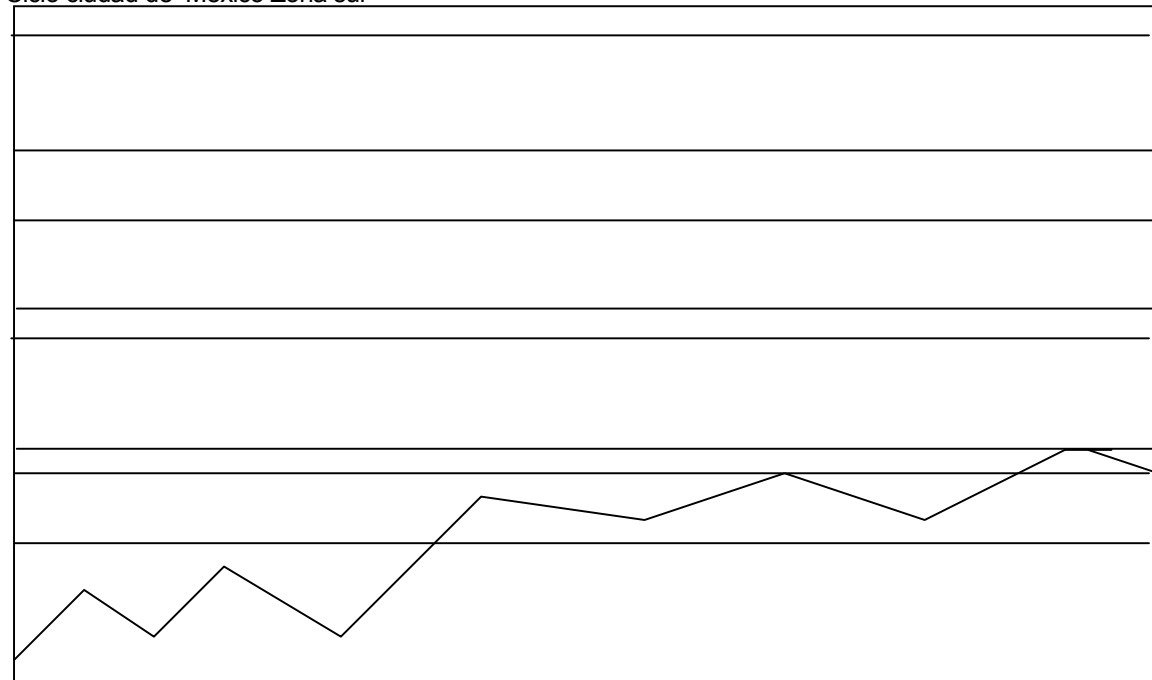
Av de los 100 metros, insurgentes norte, Othon de Mendizábal, Juan Miguel Batiz, Miguel Bernal, río de los remedios, Acueducto de Guadalupe, Cerrada de Allende, Vía Morelos, Acueducto, Calzada de Guadalupe, Talisman, Loreto Favela y Av. 608.

Ciclo ciudad de México zona centro



Zona Benito Juárez, Cuahutemoc, revillaguigedo, donceles, bolívar, 5 de mayo, zócalo, plaza del estudiante, centro histórico y José Maria rico.

Ciclo ciudad de México Zona sur





Av coyocacan, Parroquia, Av col. Del valle, álamos, narvarte, universidad, eje 10, copilco, san Fernando, tlalpan, eje 8 sur popocatepetl.

CONCLUSIONES:

1.-este trabajo no es el estado del arte en el ámbito del conocimiento pero puede ofrecer un amplió panorama de los ciclo de manejo, conocer sus funciones y que se esta haciendo en algunos países en materia de reducción contaminantes y consumo de combustibles, por parte del auto transporte.

2.- puede agregarse la medición de el consumo de combustibles como parte del protocolo para la homologación de los vehículos, de hecho las fabricantes ya los incluyen, pues dicho parámetro es muy importante pro que esta muy vinculado con la producción de CO₂ y segundo por que los combustibles mas disponibles y baratos son derivados del petróleo y como ya sabemos es un recurso no renovable y se debe hacer una legislación dado que es el sector transporte uno de los que mas combustible utiliza.

3.-el FTP ciertamente tiene algunas deficiencias con respecto de los patrones de conducción actuales, sin embargo puede hacerse de el una herramienta útil si se le hacen las modificaciones correspondientes, lo cual puede ocasionar mejoras en los vehículos y haciendo posible su aprovechamiento sin costos prohibitivos.

4.-. existen hoy en día muchos modelos que puedan reproducir a la perfección, que incluyan muchos factores que quizás otros modelos no analizan, sin embargo , estos modelos también regularmente omiten datos o sucesos que puedan definir el comportamiento real de los vehículos y su consumó de combustible.

5.- los ciclos de manejo generados a partir de los proyectos HYZEM, ARTEMIS y MODEM constituyen una magnifica fuente de información, para establecer patrones de manejo representativos de la unión europea, dado que sus muestreos fueron llevados a cabo en países de ese continente.

6.- El ciclo de manejo presentado en ANYON (2001) cubre perfectamente los requerimientos de lo que se pide para autobuses nuevos pero a su vez< también es eficiente para vehículos usados y de igual forma abre caminos para intentar cambiar las legislaciones.

7.- el proyecto AVERT en su enfoque contempla situaciones que se verán largo, corto, y mediano plazos, para aplicar estrategias que puedan ser utilizadas en cualquier vehiculo motorizado, tomando en cuenta los dos motivos principales de este estudio: el consumo de combustible y los altos niveles de los contaminantes.

8.- En cuanto a los ciclos mexicanos se han desarrollado contemplando una metodología propia y los datos obtenidos coinciden ciertamente con la literatura consultada, estos ciclos de manejo desarrollados n la universidad han tenido buena aceptación por parte de la industria automotriz y en algunas instituciones, oficiales y particulares se han utilizado para poder evaluar contaminantes y consumo de combustibles, y como ejemplo de su utilidad se ha desarrollado este proyecto en un vehiculo Toyota hibrido plus para demostrar su rendimiento y funcionamiento pro parte de los compañeros del laboratorio de ciencias



CAPITULO III: PRUEBAS FISICAS

A. CONSIDERACIONES

En este capítulo se desarrollan las pruebas así como se da un informe de los pormenores que sucedieron en dicho desarrollo, también veremos en práctica los métodos que se utilizan para la medición de las emisiones de contaminantes provenientes de camiones con motor diesel.

Primeramente daremos a conocer algunos detalles y las especificaciones técnicas de los camiones a los que se les realizó la evaluación, que en total sumaron tres, dos de diesel y uno de combustible dual, diesel-gas natural.

Los dos primeros corresponden a camiones de la marca General Motors Kodiak los cuales traen montado un motor Caterpillar.

El primero de ellos es un camión modelo 2007 que recientemente presentó su verificación, la cual se realizó en un verificentro del Estado de México, por traer placas de la locación mencionada, la unidad cuenta con la certificación de emisiones del fabricante del motor, la cual ya se mostró en el capítulo 3 como la garantía de emisiones y esta cumple con las normas EPA de Estados Unidos y por consiguiente cumple con la norma mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006. Aquí en México solo se realiza la verificación de la opacidad del humo que emite el motor del camión, que es lo que marca la norma mexicana NOM-045-ECOL-1996, esta prueba es sumamente sencilla y se realiza sin la necesidad de un dinamómetro de chasis ni de ciclos de manejo, cabe mencionar de que en México no se cuenta con un dinamómetro de chasis para uso pesado, el camión pasó la verificación sin ningún problema obteniendo la calcomanía cero, es decir que se encuentra en el mejor rango de la medición de la opacidad del humo.

La especificación del motor es la siguiente:

Motor Caterpillar 3126E

Diámetro del pistón (calibre)	110 mm (4.33 in)
Carrera	127 mm (5.0 in)
Cilindros y Configuración	6 en línea
Cilindrada (Desplazamiento)	7.2 lt. (442 cu in)
Peso	588 kg (1299 lb)
Potencia	275 hp(205 kW) @ 2250 rpm
RPM	2100-2400
Combustible	Diesel
Sistema de inyección	EUI-ECM-CAT

El siguiente camión es también un Kodiak pero modelo 2005, este a diferencia del anterior, cuenta con la calcomanía 2, esto se debe definitivamente a que la cantidad de emisiones es mucho mayor y por consiguiente la opacidad del humo es más alta, se podría presumir de que el camión no es demasiado viejo, inclusive es prácticamente nuevo, solo lleva dos años de uso, este camión pertenece a la delegación de Iztapalapa y por consiguiente se realizó la verificación en el Distrito Federal. La verificación se realizó correctamente, este camión cuenta con un motor Caterpillar 3306 que es muy parecido al 3126E, con la única diferencia de que el 3306 es un poco más grande y de mayor potencia.

La especificación del motor se presenta a continuación:



CAPÍTULO III: PRUEBAS FISICAS

Motor Caterpillar 3306

Diámetro del pistón (Calibre)	120.7 mm (4.75 in)
Carrera	152.4 mm (6.00 in)
No de Cilindros y Arreglo	6 en línea
Cilindrada (Desplazamiento)	10.4 lt
Peso	ND
Potencia	285 hp @ 2000 rpm
RPM	1800-2200
Combustible	Diesel
Sistema de inyección	EUI-ECM-CAT

Por ultimo veremos las características principales del camión que cuenta con motor de combustible dual. El camión es un modelo 2000 de la marca Freightliner que es una subsidiaria de la Mercedes Benz, cuenta con un motor Caterpillar 3126B modificado para usar gas natural y diesel al mismo tiempo, esta modificación corre por parte de la empresa CAP (Clean Air Power), el camión pertenece al sistema de recolección de basura de la delegación de Coyoacan, cuenta ya con la verificación de este semestre, las especificaciones del motor son muy similar a la del 3126E.

Motor Caterpillar 3126B Modificado por CAP

Diámetro del pistón (calibre)	110 mm (4.33 in)
Carrera	127 mm (5.0 in)
Cilindros y Configuración	6 en línea
Cilindrada (Desplazamiento)	7.2 lt. (442 cu in)
Peso	588 kg (1299 lb)
Potencia	275 hp(205 kW) @ 2250 rpm
RPM	2100-2400
Combustible	Diesel-Gas Natural
Sistema de inyección diesel	EUI-ECM-CAT
Sistema de inyección gas	ECU-CAP

B. TOMA DE MEDICIONES**1. MOTORES DIESEL**

El primer camión, como ya se menciona, es de la marca Kodiak modelo 2007 que cuenta con un motor 3126E, que es el más moderno que existe en la familia de motores 3126, este camión realizo su verificación en el Estado de México, se utilizo el equipo TECNOTEST que cumple con la normatividad del Gobierno Federal.

El resultado de la verificación es el siguiente:

Tipo de prueba: Opacidad m-1
Tipo de verificación: Intensivo-Cero
RPM en Ralenti: 837rpm
RPM Crucero: 3225rpm
Nivel de Opacidad: 0.00
Situación: Aprobado



A continuación se presenta el certificado de aprobación de verificación que avala dicha situación.

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR OBLIGATORIA 2007
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE VERIFICACIÓN

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO
DATOS DEL PROPIETARIO

Compromiso
Gobierno que cumple

PROPIETARIO
2do. SEMESTRE

NUESTRO COMPROMISO: MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE

CERO

Nombre propietario: _____
Domicilio: _____
Población: _____ C.P. _____ Ets. Fed. Del. o Mpio. _____ Número de serie _____

DATOS DEL VEHICULO

Marca: _____ Modelo: _____
Submarca: _____
Folio: _____
Targeta de circulación: _____ Placas: _____

DATOS DE LA PRUEBA

Centro: VERIFICENTRO
Equipo: TECHOTEST 00000000
Técnico: _____
Certificado anterior: _____
Folio de multa: _____
Fecha: 22/08/2007 Rev: 7881
Hora de entrada/salida: 10:47:11-10:57:56
Tipo verificación: INTENSIVO - CERO
Folio certificado: _____

MEDICIÓN DE EMISIONES	
RALENTI	CRUCERO
OPACIDAD	OPACIDAD
m-1	0.00
RPM	937 3200

Este documento presenta algunas anomalías, la primera es que el técnico que realizo la prueba sobrepaso las revoluciones del régimen del motor, es decir que lo hizo trabajar en la zona roja del tacómetro, esto provoca un sobrecalentamiento del motor y por tanto puede resultar en algún daño al motor posteriormente. La segunda anomalía corresponde a la toma de datos del camión, ya que en la boleta dice que trae un motor Cummins cuando en realidad corresponde a un motor Caterpillar, esto seguramente es por el desconocimiento del personal a cargo, cabe mencionar que la marca Kodiak es una submarca de la empresa General Motors y que todos estos camiones llevan montado un motor Caterpillar de agencia, como es el caso de este camión que fue adquirido directamente en una agencia GM.

Para el segundo camión que solo usa combustible diesel, la verificación se realizo en el Distrito Federal, como ya se dijo anteriormente, este es un camión de la misma marca Kodiak, pero a diferencia del anterior este es un modelo 2005 y cuenta con un motor 3306, que según las especificaciones, es un motor de mayor capacidad. En la verificación se utilizo el equipo FICS 2000M

El resultado de la verificación para este motor es el siguiente:

- Tipo de prueba: Opacidad m-1
- Tipo de verificación: Intensivo-Dos
- RPM en Ralenti: 939rpm
- RPM Crucero: 2020rpm
- Nivel de Opacidad: 0.72
- Situación: Aprobado



CAPÍTULO III: PRUEBAS FISICAS

El certificado de aprobación de verificación que presenta el camión es el siguiente:

AMBIENTAL 7 DE P...
 VERIFICACION
 Propietario
 Programa de Verificación Vehicular Obligatoria 2007
 Certificado de Aprobación de Verificación 2o. Semestre
 TEL. [REDACTED]
APROBADO

Ciudad de México
 Secretaría del Medio Ambiente
 Dirección General de Gestión Ambiental del Aire

Datos del Propietario: DELEGACIÓN IZTAPALAPA
 Nombre del Propietario: PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN
 Domicilio: MEX DF 065010 9
 Población: C.F. Ent. Fed. Deleg. o Mpio. Número de Serie

Datos del Vehículo: Folio [REDACTED]
 Marca: GMC / GENERAL M Submarca: KODIAK Modelo: 2005
 Tipo de Circulación: 6 Placas: [REDACTED]

Datos de la Prueba: Centro Verificentro: [REDACTED] Línea: E
 Equipo: FICS2000M MACHO10020
 Técnico: [REDACTED]
 Certificado Anterior: [REDACTED]
 Fecha de Multa: NORMAL
 Fecha: 25/09/2007 Rev: 7201
 Hora Entrada/Salida: 17:41 17:47
 Tipo de Verificación: INTENSIVO DOS
 Folio Certificado: [REDACTED]

MEDICION DE EMISIONES	
ETAPA 024	ETAPA 240
Marca/Año	CATERP/2005
Submarca	3306 1285
Serie	
Opacidad	
1	0.72
RPM	939 2020

Combustible: DIESEL
 ESTE VEHICULO DEBE RESPETAR LOS PROGRAMAS
 HOY NO CIRCULA POR CONTINGENCIAS AMBIENTALES FEDERALES
 Servicio: TRANSP CARGA PUB, MERCADO INTERNACIONAL

En esta verificación todo se realizó conforme a las normas, sin pormenores.

2. MOTOR DE COMBUSTIBLE DUAL CATERPILLAR

Por último presentamos las pruebas realizadas al camión de combustible dual ó doble combustible de la marca Freightliner modelo 2000, dado a que existen muy pocos camiones de este tipo es muy difícil conseguir el certificado de aprobación de verificación, además de que hay cierto hermetismo con respecto a esa tipo información, por consiguiente se realizó un aprueba de emisiones en un pre-verificentro, el equipo utilizado fue un analizador infrarrojo de cuatro gases de la marca KAL Equip.

El resultado de la prueba fue el siguiente:

Tipo de prueba: Emisión de cuatro gases

En Ralnti: 925rpm

CO = 0.01%

CO2 = 1.8%

O2 = 17.9%

HC = 29ppm

Velocidad Crucero: 2200rpm

CO = 0.01%

CO2 = 1.8%

O2 = 17.3%

HC = 21ppm

Para la validación de esta prueba se tomaron algunas fotografías las cuales se presentan a continuación:



CAPÍTULO III: PRUEBAS FÍSICAS

Indicador cuando el camión se encuentra funcionando solamente con diesel



Colocación de la sonda



Resultado de emisiones en ralenti





Resultado de emisiones en velocidad crucero



C. PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON DURANTE LAS PRUEBAS

Las Pruebas físicas.

Poco después de haber concluido la investigación acerca de los camiones y de haber despejado todas nuestras dudas con respecto a los pasos a seguir en el estudio de nuestra tesis descubrimos que teníamos todavía algunas cosas por resolver, y estas eran que teníamos que definir la forma de realizar nuestras pruebas físicas.

Las cuales en comentarios que habíamos realizado con anterioridad suponíamos que, de algún modo iban a ser posibles de realizar sin ninguna dificultad, dado que uno de nosotros labora como voluntario en el trabajo de limpia en el gobierno de la ciudad de México, por lo cual no encontramos problemas aparentes, en la idea de conocer algunas personas que tienen vehículos gubernamentales a su cargo, o sea los chóferes, son conocidos y entonces se les comento acerca de lo que se quería realizar encontrando total disposición de parte de ellos, hasta aquí no hubo ningún problema, el problema comenzó cuando se les concertaba la cita para presentar los camiones, de manera que, al comentarles la idea de que su vehículo tenía que ser presentado en el verificentro, ellos automáticamente argumentaban algún trabajo, o algo que tenían pendiente y que por causas de fuerza mayor no podían estar en ese momento o que tenían que retirarse, esto sucedió en más de cuatro ocasiones, al contemplar esto pensamos por un momento en desistir de la idea de presentar los camiones en el verificentro y de solo llevarlos a un preverificentro.

En los últimos días de la investigación contactamos a un chofer de un vehículo de ciclo dual gas y diesel modelo 2000 marca freigthliner el cual gustosamente nos dio datos importantes con respecto a la investigación, el nos proporciono algunas cosas que pues se tenían contempladas a partir de un hecho que solo se había visto en teoría, este compañero nos comento algunos datos técnicos acerca de la naturaleza del camión, de los cuales les comentare un poco mas adelante.

Llegamos al verificentro al oriente de la ciudad por la tarde de un día miércoles. Del mes de septiembre del año 2007-10-08, ese día estábamos muy ilusionados de que nuestra prueba física pudiera rendir frutos, primero de realizarse y segundo de que lo que tratamos de comprobar sea algo real. Nos presentamos entonces y el primer obstáculo obtenido se nos presento y era que con un técnico del verificentro ya había un acuerdo, de que nos iba a ayudar al respecto y nos iba a comentar de que prueba se realizaba y que era lo que se medía y se analizaba en una prueba a un camión diesel primero y después a un camión que utilizaba el ciclo dual de combustible gas y diesel, del motor



CAPÍTULO III: PRUEBAS FISICAS

caterpillar 3126B, resultado que llegamos con el técnico y este nos comenta que no nos podía dar ninguna información acerca de nada dado que estaba ahí un supervisor y es de imaginarse el disgusto dado que si por fin se había conseguido a alguien que quería ayudarnos en nuestra prueba y que ese alguien no pudiera ayudarte por que estaba teniendo supervisión. Lo dialogamos entre los dos compañero y decidimos, acudir con el supervisor, el cual al preguntarle acerca de que a quien había que dirigirse si se tenían dudas o comentarios acerca de que como se hacían y de que manera realizaban su prueba de verificación. El nos contesto que esos asuntos se realizaban directamente con el gerente de establecimiento y que si el aceptaba adelante y fue entonces que nos dirigimos con el gerente el cual era una persona muy ocupada y poco o nada interesada en ayudarnos a pesar de que justificamos nuestra visita con lo que realizábamos y lo que estábamos haciendo ahí, le comentamos que éramos estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, de la FES Aragón, y el área en la que realizamos nuestro estudio fue en el área mecánica, y pues a pesar de esto, solo dijo que estaba muy ocupado y que pues volviéramos otro día.

Antes de concluir con lo del gerente déjenme decirles que existía otro inconveniente de vital importancia en el día de la prueba y era que pues los requisitos para presentar un vehiculo a verificar debes de contar con dos documentos, UNO.- tarjeta de circulación, y DOS.- certificado de aprobación de verificación anterior, en lo de la tarjeta no hay problema, dado que los chóferes de los camiones de limpia conservan la tarjeta para tramites y algunas cosas mas , el problema fue en lo del certificado, pues este documento lo conserva la delegación política respectiva y solo permite usarlo en tiempo y forma de estos tipos de tramites para sus vehículos, y hasta aquí ya había dos motivos suficientes para no realizar las pruebas ese día al menos en el verificentro, sin embargo para nuestra buena suerte al estar esperando conversar con el gerente acerca de los documentos y lo de establecer el por que y la propia naturaleza de la prueba apareció en el verificentro, un camión marca Kodiak de motor caterpillar 3126B, el cual ¡!!!!estaba esperando para ser verificado¡!!!!, se los aseguro no fue mera coincidencia fue suerte.

Bueno pero no nos salgamos del tema, entonces en esas estábamos con el gerente, un señor muy ocupado que pues parecía que perdía tiempo de gran importancia al atendernos, bueno eso no es la cuestión importante, la cuestión fue que como el gerente estaba muy ocupado atendiendo sus asuntos, le comentamos que si no podíamos realizar la prueba si por favor nos permitiera o nos obsequiara una fotocopia del certificado del camión Kodiak que se estaba verificando en ese momento, a lo cual el señor gerente accedió, por lo cual se lo agradecemos sinceramente.

Quiero comentarles brevemente la manera de realizar la prueba que tienen los verificentros. Pues la prueba es solo en ralenti, y no ocupa rodillos y el camión que se verifica no es expuesto a condiciones de real conducción, la prueba solo es conectarle el opacimetro, después conectarle un sensor de conteo del giro de revoluciones del cigüeñal, así como otro sensor para medir la temperatura de el aceite, ya con esos artefactos conectados, comienza la prueba, el vehiculo es acelerado de leve a fuerte número de revoluciones y poco después es acelerado un poco mas, después de un tiempo el técnico toma una muestra de humo directo del escape y la presenta en la computadora que realiza la prueba y poco después de unos diez minutos da por concluida la prueba y en eso en esencia es lo que se realiza una prueba de verificación vehicular, para camiones a diesel en la ciudad de México, esta prueba no contempla vehículos de gas y diesel, solo de diesel, ya que si es de ciclo dual lo contempla como diesel solamente.

Como comentario solamente quiero decirles que la prueba de verificación federal todavía esta mas sencilla que esta, bueno esto sale un poco de el tema de estudio, pero podrá ser buen aliciente a las autoridades correspondientes a tomar cartas en el asunto y poner mas cuidado en el manejo de lo que depende de la ecología dado que hay mucho por hacer con respecto a las pruebas y el equipo que mide el control de las emisiones, bueno no hay que juzgar mal, pero se podría empezar con tener un dinamómetro para equipo pesado al menos en las ciudades mas importantes del país. Se conoce de este tema pero las autoridades juzgan este equipo con un costo, como prohibitivo, pero lanzo esta pregunta al aire, ¿será justo que millones y millones de vehículos semestre con semestre paguen por el



CAPÍTULO III: PRUEBAS FISICAS

uso de esos derechos de medición con equipos obsoletos y las autoridades digan que no tienen recursos para poder modernizar y mejorar sus equipos? Pues yo digo que si estamos jugando a verificar pues al menos hay que fingir un poco mas ¿o no? Bueno, no tomen en cuenta lo que digo, que no tiene que ver con el tema de estudio solo fue un comentario aislado de esta tesis, y pasemos a lo siguiente.

Ya con esa prueba en nuestra mano, pensamos que pues no debíamos desaprovechar el vehículo de gas y diesel que de igual forma accedió a ayudarnos y pues decidimos que Este camión fuera puesto a prueba en un preverificentro, y pues así lo hicimos, en el preverificentro nos sucedió una cosa muy interesante pues como el equipo no es el adecuado para poder realizar pruebas a un camión de diesel, pues como ya sabemos estos equipos solo son para automóviles y vehículos que utilicen solamente gas, y el equipo se dañaría con un motor que utilice solamente diesel, le comentamos al técnico que el camión que presentábamos si utilizaba diesel pero en una cantidad muy baja y que inclusive prácticamente no sacaba humo por lo cual no dañaría su equipo, inclusive se le demostró que el camión prácticamente no sacaba humo, pero el técnico que preparaba el equipo no parecía muy convencido y no fue sino hasta que llegó el dueño del taller que se le explico de cómo funcionaba dicho camión y finalmente accedieron a realizar la prueba.

La prueba se realizo y para sorpresa de todos, el camión de ciclo dual emitía menos emisiones que un automóvil, aunque parezca increíble así fue, eso exactamente paso, el camión estaba en emisiones muy por debajo de los automóviles convencionales. El propietario del preverificentro se quedo sorprendido al igual que nosotros.

Y pues bueno como ya se comento obtuvimos los datos que deseábamos obtener satisfactoriamente y si bien es cierto que no pudimos hacerlo de la manera que deseábamos por la manera tan hermética con la que se manejan estos lugares, pues obtuvimos al fin datos de vital importancia para nuestra investigación, como las obtenciones de los certificados de verificación , así como la prueba en el preverificentro, la cual es muy importante para demostrar lo que pretendemos que es el establecer que estos vehículos de ciclo dual son menos contaminantes que los vehículos de solo diesel, y por mucho y que a pesar de que las autoridades afirmen que tal vez estos vehículos sean menos contaminantes, son un alto gasto para ellas, no solo alto sino prohibitivo.



CAPITULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A. COMPARACIONES

1. RENDIMIENTO

Para empezar con la interpretación de los resultados obtenidos durante las pruebas y durante la investigación realizada, primeramente hablaremos del rendimiento que tienen estas dos tecnologías, la del motor de combustible diesel y la del motor de doble combustible.

Es bien sabido que un motor diesel tiene una eficiencia mayor que cualquier otro motor de combustión interna y esto se debe a la alta relación de compresión que maneja, siendo así que por ejemplo un motor a gasolina tiene una relación de compresión de alrededor de 10:1, mientras que en un motor diesel esta relación se ubica en el rango de 16:1.

Ahora bien si a esta eficiencia del motor de diesel la combinamos con un combustible limpio y de gran poder calorífico ¿que obtendremos?

Bueno la respuesta a esta pregunta es precisamente el objetivo principal de esta tesis, y como ya sabemos nuestro país tiene grandes reservas de gas natural, bueno es momento de aprovechar esta riqueza y además de mejorar el ambiente de paso.

El rendimiento de un motor de solo diesel es por si solo bastante bueno, ahora bien, si se utiliza el gas natural como combustible principal en estos motores, tenemos una ganancia extra, puesto que el gas natural es mas barato que el diesel y manteniendo el mismo consumo de combustible se puede apreciar un menor gasto.

El rendimiento al utilizar el gas natural no disminuye, inclusive se da una apreciación de que aumenta el poder del camión, según nos comentan los operadores de este tipo de unidades, aunque encontrando opiniones encontradas, los chóferes argumentan un mayor gasto de diesel cuando el camión solo opera con este combustible además de la baja de potencia, esto sucede por la programación del ECU, la cual reduce la potencia del motor con el propósito de incentivar a que siempre se utilice gas natural, de lo cual estoy totalmente de acuerdo, porque si no es así, que objeto tendría recargar los tanques de gas si el camión no presenta ninguna pérdida de potencia, además de que la recarga de los tanques de gas no es tan sencilla por diversas causas, como son la falta de más estaciones de gas y por tanto se tiene que trasladar el camión por un largo trayecto hasta donde se encuentre esta, causando molestias al conductor, pérdida de tiempo, y pérdida de dinero, ya que ese tiempo podrían estar trabajando. De manera que cuando exista la posibilidad de aumentar la infraestructura para la utilización del gas, esta reducción en la potencia se eliminaría.

Entonces podemos decir a ciencia cierta que un camión con doble combustible gas natural-diesel en cuestiones de rendimiento es igual e inclusive un poco superior a un camión que solo utiliza diesel.

2. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de un motor de doble combustible, mecánicamente hablando, es el mismo que el que solo usa diesel, utiliza el mismo ciclo termodinámico así como la mayoría de sus componentes lo único que varía es el sistema de inyección de gas, las adaptaciones y complementos de los tanques de almacenamiento del gas natural a presión (CNG) y en que se utiliza otro modulo de control electrónico independientemente del que con el que cuenta el motor.



CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Cabe mencionar que los camiones que circulan en la Ciudad de México, no cuentan con el sistema EGR (recirculación de gases de escape), es decir que son de la primera generación de camiones de este tipo que salieron al mercado, y no por ello son deficientes, sino que aún así son mucho mejores que los convencionales. Los camiones cuentan con el sistema de almacenaje de gas CNG (gas natural comprimido) por sus siglas en inglés. En la actualidad este tipo de motores cuentan con el sistema EGR además de que han corregido las fallas en la programación del ECU (unidad de control electrónica)

3. MANTENIMIENTO

En cuestiones de mantenimiento tenemos una gran ventaja puesto que estos camiones de doble combustible tienen un periodo más largo entre cada visita al mecánico, esto se debe sin duda al gas natural puesto que es un combustible más limpio al quemarse y como solo se usa una pequeña cantidad de diesel en el sistema este se mantiene limpio por mucho más tiempo.

Los camiones que utilizan solo diesel, requieren un mantenimiento frecuente, para poder mantenerlos en buen estado, puesto que el diesel de nuestro país es de menor calidad, que en países de primer mundo, es necesario mantener un estricto control en los procesos de mantenimiento. Otro aspecto que debemos de tomar en cuenta es que los motores que estudiamos en esta tesis son de la marca Caterpillar, estos motores son de muy buena calidad además de que son más robustos y duraderos, debido a los materiales con los que están hechos, en comparación con otros motores, definitivamente son mejores aunque esto repercute en el precio, ya que no son baratos y los servicios tampoco lo son, por ejemplo; un mantenimiento completo de un motor Mercedes Benz cuesta la mitad de precio que un Caterpillar, solo para tener una referencia de costos.

En parte la compañía CAP eligió estos motores por sus características superiores, ya que era la primera vez que se realizaba esta transformación y no quisieron correr riesgos. Actualmente este sistema de combustible dual ya se instala en otras marcas de motores como son los Mercedes Benz, Navistar, Volvo, etc. en otros países.

En el aspecto del mantenimiento al sistema de gas, no se realiza adecuadamente, seguramente porque no hay gente especializada para este sistema, aunque no es muy complicado, pero el desconocimiento del mismo hace que se le tenga miedo para trabajarlo.

Por otro lado, el mantenimiento de la parte diesel del motor es el mismo que cualquier otro motor diesel, lo único es como ya mencione, el motor es de la marca Caterpillar y los servicios de mantenimiento no son muy económicos, pero definitivamente vale la pena hacer el gasto.

4. EMISIONES

Las emisiones el la parte que más nos interesa en este análisis, ya que lo que se pretende es que se mejore la calidad del aire de nuestra ciudad, que cada vez es mas caótica y tiene mayores niveles de contaminación.

Empezaremos por homogenizar las unidades de emisiones que se obtuvieron durante las pruebas. Ya que tenemos dos tipos de pruebas, una en la que se midió la opacidad del humo y la otra en la que se tomaron los niveles de CO, CO₂, O₂ e HC.

En las primeras pruebas solo se obtuvieron los niveles de opacidad del humo que emiten los camiones, esta prueba es la que se realiza para los camiones que solo utilizan diesel y es la que se requiere oficialmente para poder circular. Este tipo de prueba definitivamente no se puede comparar con una en donde se realicen la medición de emisiones de CO, CO₂, O₂ e HC, puesto que solo nos mide de forma genérica los contaminantes sin saber el porcentaje de cada uno de los gases emitidos por el camión, esto representa una desventaja, puesto que los camiones que cuentan con equipo adicional al diesel



CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

pasan la prueba fácilmente, ya que estos camiones “especiales” no emiten grandes cantidades de humo, incluso, emiten menos humo que un automóvil con calcomanía dos.

Por consiguiente optamos por realizar una comparación con una camioneta del mismo año, solo para tener una referencia de los niveles de contaminantes que emite el camión con motor de doble combustible.

El resultado es el siguiente:

Las emisiones corresponden a una camioneta de la marca NISSAN modelo 2000.

Ralenti

CO% = 0.04

CO2% = 13.7

O2% = 1.0

HC = 12ppm

Crucero

CO% = 0.07

CO2% = 13.7

O2% = 1.0

HC = 9ppm

A continuación se presenta el certificado de aprobación de verificación:

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE VERIFICACIÓN DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE VERIFICACIÓN

ESTADO DE MÉXICO

Compromiso
Colaboración voluntaria

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre propietario: CERO
Examinado: ECATEPEC

DATOS DEL VEHÍCULO
Marca: NISSAN
Submarca: PICK UP
Modelo: 2000

DATOS DE LA PRUEBA
Centro: VERIFICENTRO
Equipo: TECNOTEST
Número de serie: 32942

MEDICIÓN DE EMISIONES

	RALENTI	CRUCERO
HC ppm	12	9
CO%	0.04	0.07
CO2%	13.7	13.7
CO+CO2%	13.7	13.8
O2%	1.0	1.0
NOx ppm	-19	11
KPH	24.4	42.6
CARGA HP	11.3	3.7

PROPIETARIO: CERO

VERIFICACION: VERIFICENTRO

FECHA: 12/10/2007

TIPO VERIFICACION: PARTICULAR - URBANO

Adema de utilizar este certificado de aprobación de verificación, también nos auxiliamos de otro estudio realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo, este documento se presenta en el apéndice II.

Comparando las emisiones del camión con las de la camioneta tenemos la siguiente tabla:

Emisiones	Camión Freightliner 2000	Camioneta NISSAN 2000
Relenti	925 rpm	24.4 km/h
CO%	0.01	0.04
CO2%	1.8	13.7
O2%	17.9	1.0
HC ppm	29	12



CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Crucero	2200 rpm	42.6 km/h
CO%	0.01	0.07
CO2%	1.8	13.7
O2%	17.3	1.0
HC ppm	21	9

Como podemos apreciar en la tabla anterior, las emisiones de CO₂ son mucho más bajas en el camión que en la camioneta, esta es una ventaja de los camiones diesel, que presentan una gran diferencia en las emisiones de CO₂, que es el principal gas que produce el efecto invernadero y por ende el calentamiento global.

Esta ventaja no se puede ver con los camiones que solo utilizan gas natural ya que a pesar de que es un combustible bastante limpio al quemarse, en los camiones que solo ocupan el gas natural como combustibles, no son muy eficientes al quemarlo, puesto que utilizan un ciclo Otto y como ya sabemos, este ciclo es menos eficiente que el ciclo Diesel.

Al utilizar el ciclo diesel y además este combustible como un detonante ó una "bujía líquida", por así llamarle, el gas es totalmente quemado y esto ayuda a que los niveles de CO₂ bajen notablemente.

Otro gas que es de importancia es el monóxido de carbono CO el cual es muy nocivo para los humanos, este gas presenta una disminución importante en el motor del camión con combustible dual en comparación con el de la camioneta, a pesar de que esta presenta una calcomanía cero, que es la más exigente en los niveles de emisiones contaminantes, el nivel que presenta el camión es 0.03 puntos porcentuales menor que en la camioneta, tal vez no parezca demasiado, pero considerando el uso del camión, definitivamente es demasiado.

En cuestión de los hidrocarburos totales es evidente que existe un aumento, esto se debe a la naturaleza del diesel, que aunque no es muy elevado en comparación con otro camión que solo use diesel, si lo es con respecto a un vehículo automotor a gasolina, cabe denotar que el motor del camión de doble combustible es de los primeros que salieron al mercado y que no cuentan con el sistema EGR que reduciría notablemente este contaminante, actualmente los camiones ya cuentan con este sistema.

Ahora bien, hay otro contaminante de importancia que no se encuentra en la tabla, no porque se omitiera a propósito, sino porque el equipo no contaba con esta variante y por lo tanto no se pudo realizar esta medición, me refiero al óxido nítrico NO_x, este contaminante es de mucha importancia puesto que afecta directamente a la vegetación, por lo que es llamado como un contaminante reactivo, los niveles de estos camiones de combustible dual con respecto al NO_x son mas bajos que en un camión de solo diesel, estamos hablando de 4.01 g/bhp hr, mientras que un camión de solo diesel emite 5.04 g/bhp hr en el caso de que se encuentre en buenas condiciones.

Con lo que se refiere a partículas materia PM existe una discrepancia, ya que depende mucho de las condiciones del motor, es decir del mantenimiento que este tenga, aunque podemos decir que los camiones con doble combustible mantienen bajas estas emisiones aunque no cuenten con un servicio de mantenimiento, lo contrario que los camiones que solo utilizan diesel ya que estos emiten mayor cantidad de humo cuando no reciben el mantenimiento necesario. Cabe mencionar que en el estudio que realizo el Instituto Mexicano del Petróleo, solo se utilizaron camiones de doble combustible y las mediciones de solo diesel se realizaron con los mismos camiones en el modo de solo diesel.

Ahora para poder comparar las emisiones de estos camiones con la normatividad existente extrajimos una parte de la norma mexicana, la cual refiere los niveles máximos permisibles para camiones nuevos diesel, la norma a la que nos referimos es la NOM-044-2006.



5. Especificaciones

Los motores nuevos a diesel y las unidades nuevas que los incorporen deberán cumplir lo señalado en los incisos 5.1. o 5.2. de la presente NOM.

5.1. Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales (HC), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (Part), así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 1.

TABLA 1
(g/bhp-hr - gramos por caballo de fuerza al freno por hora)

Estándar	Método de Prueba	CO g/bhp-hr	NOx g/bhp-hr	HC g/bhp-hr	Part g/bhp-hr	HCNM + NOx g/bhp-hr	Opacidad de Humo (%) por ciento		
							Aceleración	Arrastre	Pico
A	CT	15.5	4.0	1.3	0.10	No aplica	20	15	50
B	CT y CSE		No aplica	No aplica		2.4 o 2.5 siempre y cuando los HCNM sean menor a 0.5			

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con el método de prueba Ciclo Transitorio (CT) descrito en el numeral 4.6.1.

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Transitorio (CT) y Ciclo Suplementario Estable (CSE) descritos en los numerales 4.6.1 y 4.6.2.

5.2. Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (Part), así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 2.



TABLA 2

(g/Kwhr - gramos por kilowatt por hora)

Estándar	Método de Prueba	CO g/Kwh	NOx g/Kwh	HCNM g/Kwh	HC g/Kwh	Part g/Kwh	Opacidad de Humo m ⁻¹
A	CEEC	2.1	5.0	No aplica	0.66	0.10	No aplica
	CET	5.45		0.78	No aplica	0.16	
	CERBC	No aplica					0.8
B	CEEC	1.5	3.5	No aplica	0.46	0.02	No aplica
	CET	4.0		0.55	No aplica	0.03	
	CERBC	No aplica					0.5

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC) descritos en los numerales 4.6.3, 4.6.4. y 4.6.5., según se establece en esta Tabla.

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC) descritos en los numerales 4.6.3, 4.6.4. y 4.6.5., según se establece en esta Tabla.

5.3. *En el caso de los vehículos que requieran la utilización de un reactivo para ajustarse a los requisitos de las tablas 1 y/o 2, el fabricante o importador deberá, mediante una indicación mecánica o electrónica en el tablero de instrumentos del vehículo, informar al conductor del nivel del reactivo que presenta el dispositivo de almacenamiento de dicho reactivo. Se deberá incluir una advertencia cuando el nivel del reactivo: sea inferior al 10% del depósito o a un porcentaje más elevado a elección del fabricante o importador; o sea inferior al nivel correspondiente a la distancia de conducción posible con el nivel de reserva de combustible especificado por el fabricante.*

Los sistemas de motor correspondientes al ámbito de aplicación del presente numeral incluirán un limitador del par motor que advertirá al conductor cuando el sistema del motor o el vehículo funcionen incorrectamente por causas imputables a la cantidad o calidad incorrectas del reactivo indicado en el párrafo anterior.

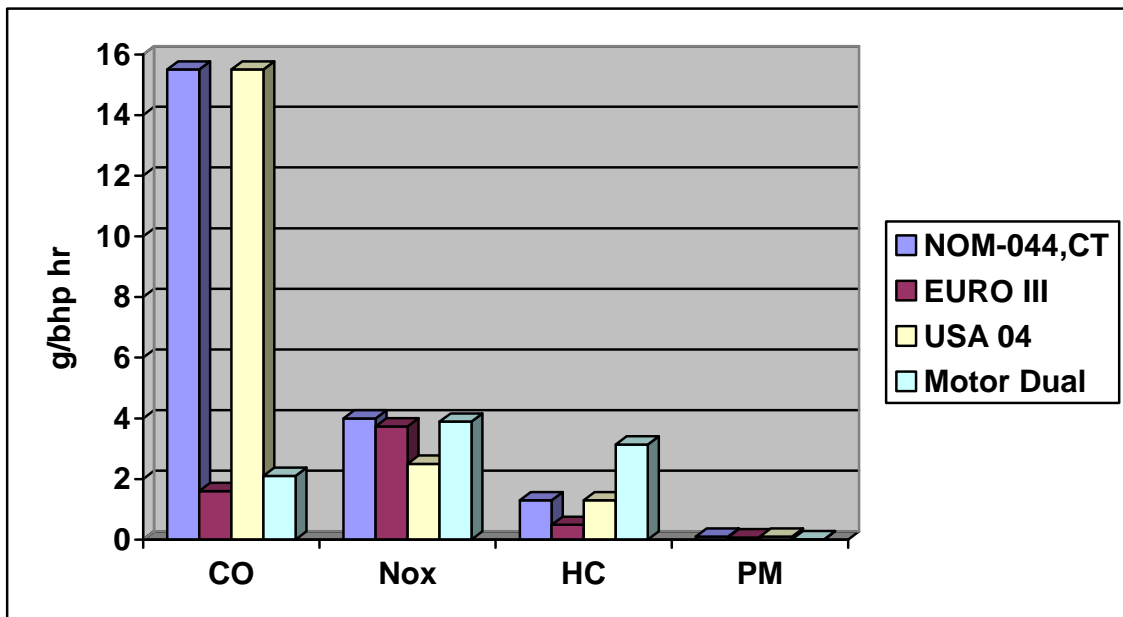
Esta norma se encuentra en el capítulo cuatro de esta tesis.



CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

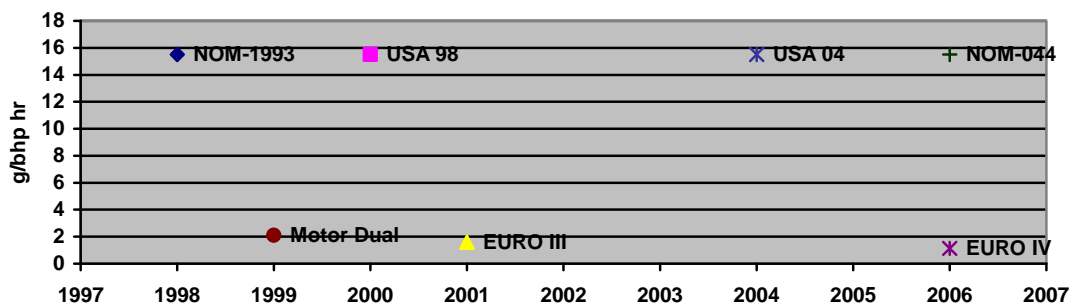
Realizando la comparación de las emisiones de gases del escape del camión con motor de doble combustible se obtienen las siguientes tablas y graficas:

	CO (g/bhp hr)	NOx (g/bhp hr)	HC (g/bhp hr)	PM (g/bhp hr)
NOM-044-2006 CT	15.5	4.0	1.3	0.1
EURO III	1.6	3.73	0.49	0.075
USA 04	15.5	2.5	1.3	0.1
Motor CAT Dual	2.1	3.89	2	0.0098



Ahora veremos cada uno de los contaminantes por separado para poder apreciar de mejor manera la diferencia que existe entre las emisiones del camión de combustible dual y las normas actuales, las cuales se aplican a camiones nuevos.

Empezaremos por mostrar la grafica del CO, en la cual compararemos las normas NOM-044-2006, CEEC; EURO III contra el motor dual.

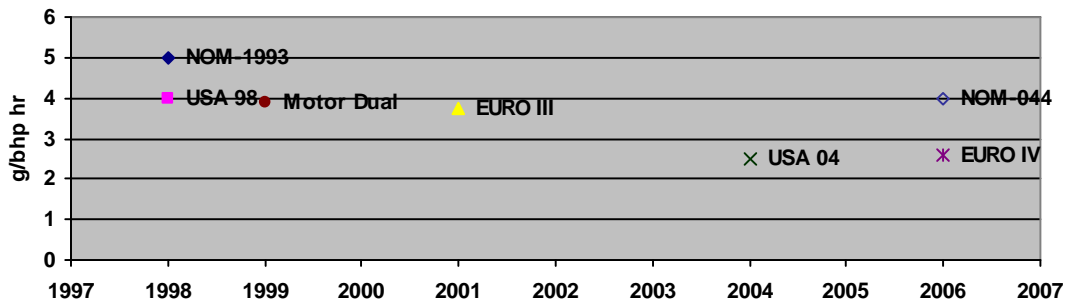




CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

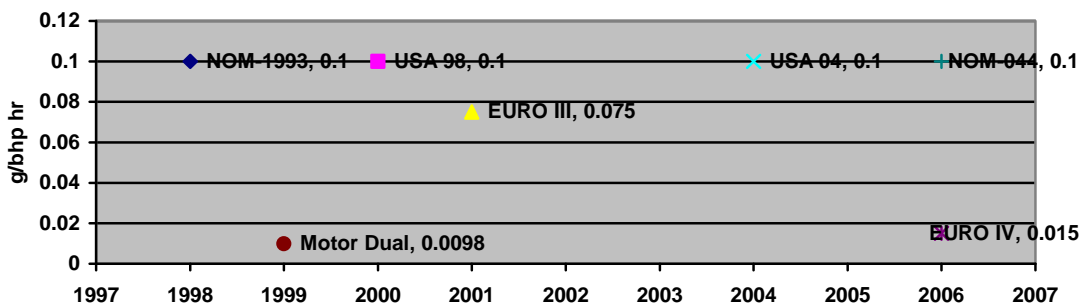
Como podemos apreciar en la grafica pasada, los niveles de CO del camión con motor dual son muy bajos, superando las normas existentes por mucho, a pesar de que esta tecnología es del siglo pasado.

Pero ahora veremos las emisiones de NOx que también son de gran importancia.



En esta ocasión se ve claramente que las normas europeas y las estadounidenses actualmente son más estrictas y que nuestro camión con motor de combustible dual, no las supera, pero si alcanza a entrar bajo las normas mexicanas actuales.

Para continuar este análisis proseguiremos a revisar la siguiente grafica, que en esta ocasión es sobre las partículas materia, también conocidas como PM.



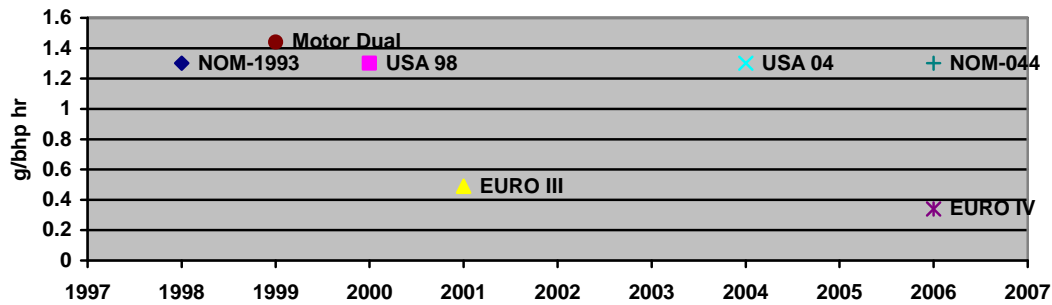
Como podemos apreciar en la grafica, las partículas materia PM que emite el camión de combustible dual, son muy pocas, al grado de que ni siquiera la norma más exigente actualmente, puede acercarse lo suficiente para preocuparnos por ello.

Este aspecto nos interesa mucho, puesto que las PM son el contaminante que mas abunda en un motor diesel, y la prueba que se realiza actualmente en nuestro país esta basada prácticamente en la emisión de las PM. Por lo cual este tipo de camiones pasan perfectamente la norma mexicana, aun sin los mantenimientos a los que se debe de someter cualquier motor.

Por ultimo veremos las emisiones de los hidrocarburos la cual nos presenta la siguiente grafica:



CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS



Para estas emisiones de HC el motor de combustible dual queda ligeramente por arriba de las normas oficiales de nuestro país y obviamente de las EURO y de las estadounidenses, este aspecto debe de ocurrir por la altura de la Ciudad de México. Además ya se encuentra en el mercado nuevos aspectos aplicados a esta tecnología, como son la aplicación del sistema EGR, una nueva computadora para el control en condiciones de mayor altitud, y filtros especializados.

Después de analizar las emisiones una por una, las más importantes, podemos decir que esta tecnología ayuda invariablemente a mejorar la calidad del aire, aunque existen otro tipo de tecnologías que podrían tener menores emisiones e incluso nulas, todavía están fuera de nuestro alcance, porque todavía no existe infraestructura o porque no cubren las necesidades por completo o porque son demasiado caras, al grado de que son inoperables en sus costos, etc.

Este tipo de tecnología esta a nuestro alcance, en comparación con otras, además de que aprovechamos un recurso natural que tenemos a nuestra entera disposición, el gas natural, que aunque poco a poco se va aprovechando de mayor manera, todavía hay mucho desarrollo por delante en el aprovechamiento de este.



CONCLUSIONES.

Durante el estudio de la carrera de ingeniería mecánica en el plan de estudios de la UNAM se contenla la realización de un trabajo final, llamado tesis, el cual tiene que ser un tema de investigación de un interés común y que sea acorde con el desarrollo y entorno de la carrera en nuestro caso la ingeniería. Bajo este argumento nosotros, ambos compañeros de generación de la carrera, decidimos desarrollar la investigación de un asunto de vital importancia que es en este caso el combate a la contaminación ambiental en la ciudad de México, el cual como ya es sabido, ha sido el asunto de gran repercusión, en los últimos tiempos, pues con el aumento demográfico en las grandes ciudades, crece en conjunto la industria, el sector automotriz y la demanda de mayores espacios para el desarrollo de la vida humana en las grandes metrópolis. Todas estas grandes demandas de necesidades en la población dan como resultado el alto índice de saturación de la demanda de los combustibles, la mayor concentración de la industria, y todo ello lleva como resultado, la contaminación de los elementos vitales de supervivencia de los seres humanos, que son el agua, el aire, los subsuelos, aumento de la macha urbana etc.

En las urbes de gran concentración de personas, estos problemas son aun mas graves, ya que en ellas existen industrias, de producciones gigantescas, también grandes movimientos de gente, así como también el trasladar cosas para cumplir las tareas diarias, las cuales son entre otras, el dirigirse a sus lugares de trabajo, transportes de mercancías, servicios, ya sean públicos o privados. Para poder realizar estas tareas es necesario auxiliarse de grandes maquinas que puedan mover estas personas y mercancías, además de los automóviles se tienen transportes masivos como lo es el metro, trolebuses, microbuses y camiones de pasajeros, todo esto satura las vialidades, dado que muchas personas utilizan los autos en lugar de utilizar el metro o el autobús, la utilización de los autos genera mayor concentración de trafico en toda la ciudad, y por consiguiente mayor contaminación así como también es mas grande el consumo de energéticos, los cuales están siendo estudiados por que existe la posibilidad de que en los próximos treinta años lleguen a ser escasos o en el peor de los casos se terminen, pero esto al momento puede considerarse solo una especulación.

Aunado a todo esto esta latente también un fenómeno de gran repercusión actualmente que es el llamado calentamiento global, se define a grosso modo como el efecto que ocasiona la desmedida utilización de combustibles derivados del petróleo, los cuales al incidir en nuestra atmósfera causan grandes estragos en el entorno, dado que aceleran el calentamiento del globo terráqueo, lo cual dificulta el proceso de recirculación de los vientos y las corrientes marítimas así como modificaciones, en el desarrollo en las estaciones del año, puesto que también se ha dicho que el citado fenómeno provoca grandes variaciones en los polos de el planeta y que los esta derritiendo, con el efecto de todo esto que ocurre tenemos que en el verano puede haber sequías, así como también observamos que existen huracanes en el verano, en lugares en donde en otros tiempos era poco frecuente observar fenómenos de este tipo. Todo esto genera desgracias en lugares donde no se tienen las provisiones necesarias para combatir estos imprevistos.

En lo que respecta a la ciudad de México llegamos a la conclusión de que todavía hay algunas cosas por hacer en lo que respecta a el combate a la contaminación ambiental, puesto que en materia de buscar alternativas para mejorar aspectos y llevar a soluciones provechosas aun se tiene mucho camino que recorrer y muchas cuestiones por resolver.

En el año de 1999 el gobierno de la ciudad de México por medio de la semarnap, adquirió 500 camiones de la marca freightliner, a diesel pero con la capacidad de funcionar a la vez con gas y diesel, el sistema era algo sorprendente e innovador, al menos aquí en México, dado que pues era un sistema complejo y parecía que en efecto ayudaría a reducir la emisiones de contaminantes al medio ambiente. Y esto en si fue lo que nos motivo a realizar esta investigación que duro cerca de dos años y medio.

Estos vehículos tenían que cumplir con la recolección de la basura en las delegaciones políticas del GDF, fueron distribuidos por delegaciones políticas para poder brindar el servicio para lo cual fueron



CONCLUSIONES

adquiridos. después de haber realizado el estudio fue evidente que en efecto estos vehículos son menos contaminantes, que los camiones a diesel convencionales, puesto que la circulación de siete de estos camiones equivale a la circulación de un vehículo que presta el mismo servicio, en las mismas condiciones de trabajo en la que los mantiene el GDF, se observó también que un camión diesel tiene muchas bondades y que no requiere de grandes programas de mantenimiento para poder realizar su trabajo, y de que el programa de verificación a que son sometidos no implica el mayor problema para poder aprobar, puesto que el método y los dispositivos nos son acordes a las necesidades que implicaría un servicio de esa magnitud. Se pudo apreciar también que en nuestro país existe un déficit de infraestructura para poder evaluar los motores de los camiones de transporte de carga y de pasajeros, dado que estos análisis no reflejan de manera objetiva la realidad necesaria para poder evaluar una prueba de ese tipo, ya que se constató que en los programas de verificación, no existen parámetros capaces de realizar un aprueba a un vehículo de estas características, que es como recordamos de gas y diesel en proporción 85% gas y 15% diesel, en realidad todavía no llega al país, en los centros de verificación pudimos contemplar que solo miden un parámetro el cual es el índice de opacidad de humo, rpm y temperatura del motor. Cuando sería recomendable que midieran otras concentraciones de contaminantes que pudieran ser de gran ayuda para hacer un análisis más completo, se constató también que no hay una exigencia en las pruebas de gran importancia para el motor como lo es el hecho de que no existe un dinamómetro que evalúe el trabajo de un camión de servicio pesado, lo que a nuestra más objetivo punto de vista sería recomendable.

Cabe señalar que estos vehículos de ciclo dual son utilizados con gran éxito en grandes ciudades de países industrializados, como EEUU, de hecho las grandes firmas norteamericanas de transportes masivos de enseres y productos de gran demanda así como también de transporte de personas, utilizan estos vehículos, en estos países se les han realizado varios estudios, que comprueban lo que ya venimos afirmando que son menos contaminantes y que en su momento y quizá ahora fueron un paso adelante en el desarrollo de la ingeniería mecánica de nuestros días.

En México después de el tiempo de la investigación se encontró que solo existe un documento que fue realizado por el instituto mexicano del petróleo en el año de 2002, el cual fue un estudio que nos fue de gran utilidad para poder completar este trabajo. En Los Ángeles California existe una empresa llamada CAP(Clean Air Power) que fue la que le realizó la mayoría de estudios a estos vehículos, pero cabe señalar que el estudio fue ordenado por el NRLE(laboratorio de la energía renovable de los EEUU), el cual obedeció a un pedimento de el gobierno estadounidense para tener un control de calidad de esta tecnología.

Por último se concluye que el fomento de la utilización de estos vehículos en nuestro país podría contribuir a reducir el problema de la contaminación, así como también reducir gastos por el GDF, dado que funcionan en la proporción antes mencionada gastan menos cantidad de diesel y fomentan el uso del gas natural, que contamina mucho menos que el diesel y la gasolina, cabe señalar también que el gas natural es un recurso abundante en nuestro país, pues es un producto de menor refinación, en comparación con la obtención de las distintas calidades de gasolinas, lo cual lo hace más económico, y se recomienda su mayor utilización en nuestro país.

Se propone también a las personas indicadas, el revisar el procedimiento de la verificación vehicular dado que el método está algo rezagado, y no contempla todo lo que se pretende abarcar. Y también en la medida de lo posible la adquisición de más infraestructura de los elementos de los aparatos que realizan las mediciones de emisiones, tales como programas de verificación, mejores máquinas evaluadoras, que midan más parámetros, dinamómetros de servicio pesado, y en general un programa de verificación más formal y que de a través del tiempo mejores resultados que es una necesidad vital de todos nosotros además también se recomienda implementar en la ciudadanía, por medio del gobierno, la puesta en marcha de programas preventivos que contribuyan a combatir el problema de la contaminación ambiental.



APENDICE 1



DEMOSTRACION DEL MOTOR CATERPILLAR C-10 DE COMBUSTIBLE DUAL EN LOS AUTOBUSES COLECTIVOS MCI 102 DL3

Enero 2000 NERL/ SR-540-26758

Comisión de Energía de California
Sacramento, California

Control de Distrito de Contaminación Atmosférica del Condado de Santa Bárbara
Goleta, California.

CONTENIDO

Contenido

Dibujos y Tablas

Apéndices

Siglas y Abreviaturas

Introducción

Objetivo del Proyecto y Resumen de Resultados

Descripción del Proyecto y Concepto Técnico

- Operación del Vehículo
- Descripción de Autobuses
- Operación del Motor Doble – Combustible
- Ruta de Autobuses y Ciclos de Manejo
- Registro de Datos
- Descripción de la Instalación de Aprovisionamiento de Combustible

Resultados y Discusiones

- Operación del Autobús
- Discusión de los Datos Operativos
 - Ahorro de combustible
 - Rendimiento
 - Confiabilidad
 - Sustitución de Combustible a CNG
 - Las Operaciones del Motor Normales / "Afuera del Alcance" los Parámetros del Motor
 - El Tiempo Improductivo de Sistema de CNG del Motor
 - El Fracaso de Reabastecer de Combustible los Autobuses con CNG
- El Consumo de Aceite y los Intervalos de Cambio de Aceite
- Perspectivas del Controlador y Pasajeros

Prueba de Emisiones de Gases

- Motor C-10 de DFNG en el Modo Doble - Combustible Contra el Motor de D de C-10
- Motor C-10 de DFNG en el Modo de Diesel Contra el Motor de D de C-10
- Problemas y Soluciones

Análisis Económico del Proyecto

- Diferencias de Costos Fijos
- Diferencias de Costos Variables
- Valor Potencial de la Emisión a la que la Reducción da Crédito
- Resumen de Gastos Durante el Período de Demostración
- Gastos Proyectados Usando Precios de Diesel de Venta al Pormenor y una Estación de CNG in Situ

Lecciones Aprendidas

- Prueba de Altoona
- Animar a Operadores de Autobús a Usar CNG

Conclusiones y Recomendaciones



APENDICE 1

- Conclusiones
 - Rendimiento
 - Emisiones de Gases
- Recomendaciones

DIBUJOS Y TABLAS

Figure 1. Autobús de expreso aéreo limpio

Figure 2. Componentes de autobús de CNG

Figure 3. Motor de DFNG de C-10: el tiempo operativo millas por cada cuatro litros y medio versus doble - combustible

Figure 4. Resultados de prueba de emisiones de gases: ciclo de unidad de disco de D de programa de UDDC del Organismo de Protección Ambiental

Figure 5. Resultados de prueba de emisiones de gases: ciclo de manejo de CBD de la Universidad del Oeste Virginia

Figure 6. Resultados de prueba de emisiones de gases: ciclo de manejo 55 MPH regular - estado federal

Tabla 1. El resumen de autobús datos operativos

Tabla 2. Resultados de prueba de emisiones de gases: motor doble - combustible en el modo doble – combustible Versus motor diesel

Tabla 3. Resultados de prueba de emisiones de gases: motor doble - combustible en el modo de diesel Versus motor diesel

Tabla 4. Diferencias de costo de explotación anual verdadera Durante demostración período

Tabla 5. Proyectó las diferencias de costo de explotación anuales Usar diesel de venta al por menor y una estación de CNG en sitio

APÉNDICES

Apéndice A. Especificaciones de autobús detallada

Apéndice B. Autobús datos operativos detallados

Apéndice C. Resultados de prueba de emisiones de gases

Apéndice D. Caterpillar C-10 DFNG y D Niveles de Desempeño.

Apéndice E. Referencias de análisis de coste de diferencial

SIGLAS Y ABREVIATURAS

App. Apéndice

Avg. Promedio

CARB Junta de Recursos de Aire de California

CAVTC Centro de Tecnología de Vehículo Aéreo Limpio

CBD Zona Comercial Central

CEC Comisión de Energía de California

CH4 metano

CNG Gas natural comprimido

CO Monóxido de carbono

CO2 Dióxido de carbono

D diesel

DFNG gas natural doble - combustible

DEG Diesel equivalente a un galón (135,000 Btu)

DF Doble - combustible

EPA Organismo de Protección Ambiental

ERC Crédito de reducción de emisión de gas

Ft-lb pie-libra (el par de torsión)

g/bhp-hr Gramos por caballo de fuerza de freno por hora



APENDICE 1

gal Galón
GVWR clasificación de peso de vehículo pesados
Hp Caballo de fuerza
Incr. Aumento
LAMTA Autoridad Metropolitana de Transporte de Los Ángeles
MCI Industrias de Autobús (Motor Coach Industries)
Mi Millas
MPH millas por hora
NMHC hidrocarburos non- metano
NOx oxido de nitrógeno
OEM Fabricante de Equipos Originales
PM partículas suspendidas
PSA Socios de Redes de Energías
Psi Libras por pulgada cuadrada (de presión)
red. Reducción
ROC Compuesto Orgánico Reactivo
Rpm revoluciones por minuto
SBCAPCD Control de Distrito de Contaminación Atmosférica del Condado de Santa Bárbara
Scfm Nivel de pie cúbico por minuto
THC hidrocarburos totales
UDDC Dinamómetro del Ciclo de Manejo Urbano
WVU Universidad del Oeste de Virginia
yr Años

INTRODUCCION.

El propósito de este programa es mostrar que el motor Caterpillar C-10 de combustión dual diesel-gas natural (DFNG) es viable para todas las aplicaciones de autobuses en carretera. Cuatro motores disponibles en la industria fueron comparados para que fueran operados lugar por lugar en una ruta y tiempos similares de periodo de 12 meses entre febrero de 1998 y enero de 1999. Tres de los autobuses fueron equipados con motor C-10 de Caterpillar (DFNG) y el cuarto fue equipado con un motor C-10 de diesel (D). Los autobuses fueron usados como parte de un programa llamado aire limpio expreso en un condado de California llamado Santa Bárbara.

Los autobuses fueron obtenidos por la ciudad de Lompoc así como por la autoridad federal del transporte y también por el programa de manejo de la congestión y mejoramiento de la calidad del aire. El departamento de Santa. Bárbara para el control de la contaminación del aire ayudo con el 20% del costo total de los vehículos. El costo base de los cuatro autobuses fue de \$1, 400,000 (\$350,000 c/u). La conversión de los autobuses de compresión de gas natural, fue una operación hecha por (DOE) y (NREL), (CEC). Y la compañía Gas del Sur de California. Los autobuses fueron entregados por (MCI) con un motor C-10 Caterpillar. El costo de la conversión de los autobuses a operación dual fuel es de (\$45,000 c/u).

OBJETIVO DEL PROYECTO Y RESUMEN DE RESULTADOS.**Objetivo.**

El objetivo del proyecto fue determinar los beneficios y problemas encontrados en la conversión y la operación de todos y cada uno de los autobuses con motor Caterpillar C-10 DFNG. Específicamente, esta evaluación revela los costos de la conversión y del proceso, mejoras, disponibilidad, economía de combustible y las emisiones del C-10 DFNG comparado con el motor estándar C-10 (D).



Resumen de Resultados.

Los cuatros autobuses fueron mejorados durante el periodo de prueba. Los autobuses de DFNG acumularon 94,228 millas, con un promedio de 31,400 millas cada uno, durante un año de prueba. El autobús de diesel acumulo 27,443 millas (este autobús fue separado de la prueba después de 11 meses en servicio para convertirlo en dual operación de combustible). No se encontraron dificultades significativas para realizar el cambio de combustible a operación dual. Mejorado y rehabilitado el motor dual fue comparado con el motor C-10 de solo diesel.

El C-10 DFNG promedia 56% de combustión a gas natural en el rango de sustitución, de un total de energía usada básicamente durante el periodo de demostración. Esto significa que el 56% de energía usada para operar los autobuses proviene del combustible gas natural. El 44% restante fue suplido por el combustible diesel. El combustible gas natural usado es primeramente tratado por controles electrónicos del motor. El motor tuvo una falla electrónica porque la inyección electrónica dejo de funcionar a causa de que el motor funciono fuera de los parámetros de operación. La falla en la operación del autobús hace que consistentemente el autobús tenga que ser recargado con gas natural y descompone la estación de gas natural. El C-10 DFNG tiene un gobernador electrónico que reduce la fuerza en el motor. El intento de reducir el modo reductor de poder, es para disuadir al operador en hacer funcionar el motor con diesel solamente, y es originalmente solo una posibilidad para operar con diesel solo si ocurre una emergencia. Para esta demostración la reducción de poder en el modo diesel solamente, no es una demostración para dimensionar la consistencia del uso del CNG.

Aunque algunas otras reparaciones son necesarias en otros tipos de motores durante el periodo de demostración, el C-10 DFNG tiene un alto capital inicial, combustible, reabastecimiento entre trabajo, operación, instalación y mantenimiento mejores al C-10 (D) en 30,000 millas por año básicamente. El C-10 DFNG tiene un costo superior a \$0.19 que si estuviera operando solo con diesel, basándose en los resultados de esta demostración. Los costos de las diferencias entre el C-10 DFNG y el C-10 (D), varían generalmente dependiendo de la aplicación, una rápida operación puede causar las diferencias de costos basadas en sus aplicaciones específicas.

Hacia la conclusión del periodo de 12 meses de demostración, el C-10 DFNG y el C-10 (D), sus emisiones fueron medidas por un dinamómetro usando tres ciclos de manejo de datos. Los datos tomados fueron instruidos y evaluados por diversos institutos y autoridades del estado de California. Los procedimientos de prueba que se usaron, pero no se escribió documentación de los métodos de prueba, procedimiento o calibración, o de la calidad de la accesoría que fue recibida. Este reporte solo muestra el resultado de la prueba de emisiones que fue proporcionada por LAMTA. El C-10 DFNG en modo dual tiene baja emisión de los siguientes contaminantes, al ser comparado con el C-10 (D) los rangos representan los niveles más altos y más bajos, mantenidos por todos los tres ciclos anteriores.

NOx (27%, 60%)	Incremento CO (634%, 860%)
PM (54%, 64%)	Hidrocarburos non-metano (697%, 1718%)
CO2 (14%, 19%)	

En las dos variables de prueba cargados (EPAUDDC y WVUCBA) el C-10 DFNG puede tener una alta combinación de NOx y NMHL emisiones se forma sino potencial. De esta combinación comparadas con las emisiones de diesel combinadas NOx y HL emisiones que no pueden ser cuantificadas porque la especificación de hidrocarburos varia en la zona de el análisis del ozono reactivo. Porque las emisiones de HL no son especificadas en este estudio, la reactividad de DFNG y Diesel en las emisiones de escape no fueron especificadas en este estudio, esa reactividad no puede ser comparada. De manera sencilla la simple adición de NOx + NMHL en las emisiones nos indica un incremento del 17% comparado con el C-10 (D), para una variable cargada en ciclos, en contraste, en otra prueba de estudio se nos indica que el C-10 DFNG tiene 42% menos de NOx + NMHL de emisiones comparado con el C-10 (D).



En la comparación de emisiones para el C-10 DFNG en modo diesel, con las emisiones de el C-10 (D), las diferencias en NOx, CO₂ y CO son mas reducidas (generalmente menores en 3%), esto arroja magnificas conclusiones. Igualmente el C-10 DFNG en modo diesel tiene entre 25% y 42% mas bajas emisiones de partícula materia y 14% y 18% mas bajo en emisiones de NMHL (dependiendo de el ciclo de manejo), menos que el C-10 de diesel.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y EL CONCEPTO TÉCNICO.

Operación del Vehículo.

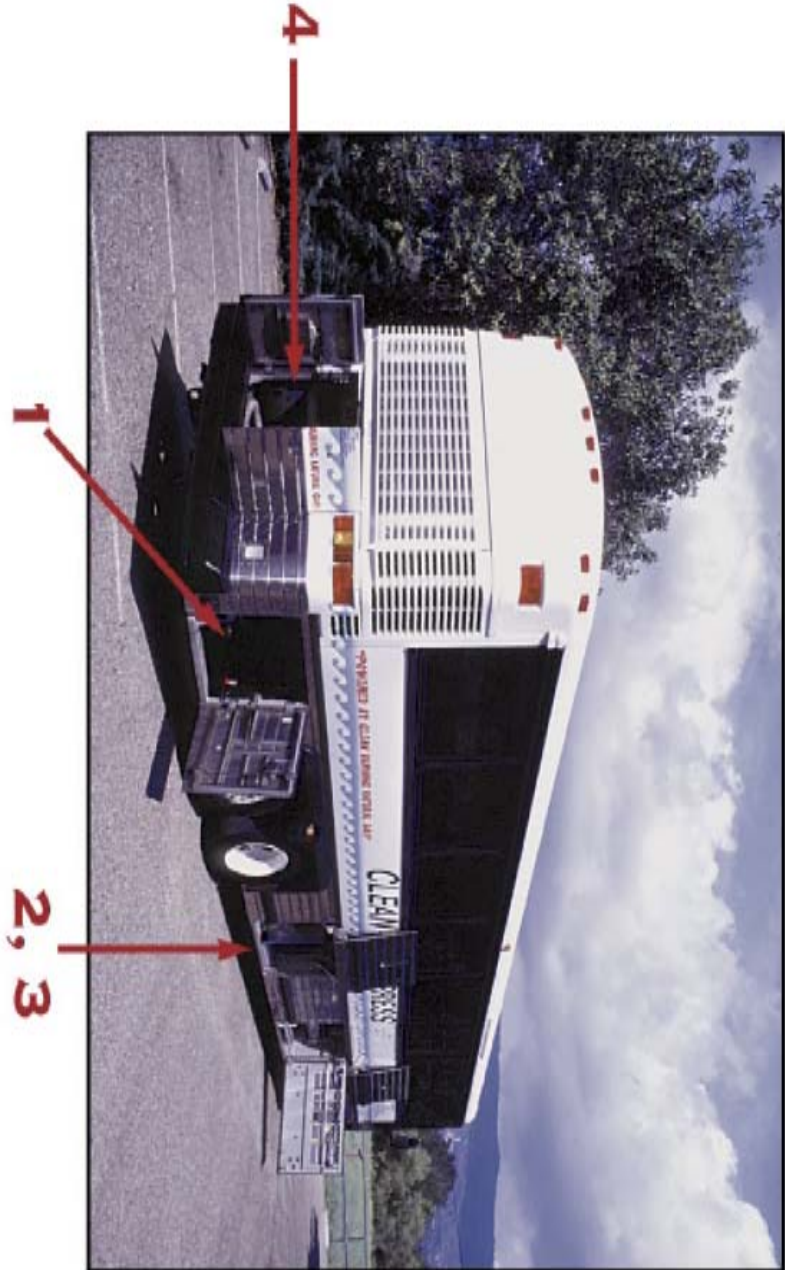
El autobús comunitario de Aire Limpio Expreso, tenia pasaje por las nacientes ciudades de los Ángeles, y hace esto cada día, el promedio entre la carretera y la ciudad es de cerca de 60 millas. El propósito del programa es reducir la contaminación para largas distancias y ocupación sencilla de un autobús urbano que puede transportar a mas de 55 pasajeros dejando a estos sin usar carros y utilizar un autobús de bajas emisiones de contaminantes.

En el servicio común se usan 9 autobuses para servir aproximadamente a 350 comunidades diariamente. 250 días por año. Los cuatro autobuses se utilizaron aparte a fin de demostrar los efectos del proyecto que tiene lugar en el servicio que se ofrece desde temprano en la ciudad Lompoc a Santa Bárbara / Goleta. Los autobuses son operados por la misma compañía de autobuses, la cual abarca todos los aspectos de operación incluyendo mantenimiento, reparación, combustible y registro de pasajeros.

Descripción de Autobuses.

Los autobuses utilizados en esta demostración son de nueva manufactura 1997 MCI102 DL3 dentro de carretera características, los autobuses tienen equipo original de manufactura (OEM) en motor Caterpillar C_10, los autobuses tienen 45 pies de longitud, cerca de 11.5 pies de ancho y cargan 55 pasajeros, están equipados con asientos reclinables, el peso bruto de los vehículos es de 34,000 Lb.

Tres autobuses son ajustados con un sistema de alimentación asociado, dual-combustible operación, en el modo dual, el C-10 DFNG tiene un rango de 350 hp y 1075 lb.pie de torque, cada autobús esta equipado con CNG 4 cilindros con un total de 48 galones equivalentes de diesel a 3000 psi. (58 DEG a 3600 psi.) Los buses tienen un rango aproximado de 460 millas en modo dual (basado en un promedio de 56% CNG) y tiene una tasa de consumo de 5.34 millas por galón obtenidas durante el periodo de demostración. Tres cilindros fueron instalados en la parte baja del maletero, y uno en la parte baja delantera del compartimiento del maletero. Los cilindros son encapuchados para evitar alguna salida a la atmósfera. La instalación esta dentro del lugar del compartimiento de equipaje. También válvulas de alivio de presión y una tubería asociada que permite la salida de presión desde la parte trasera hasta el techo del autobús.

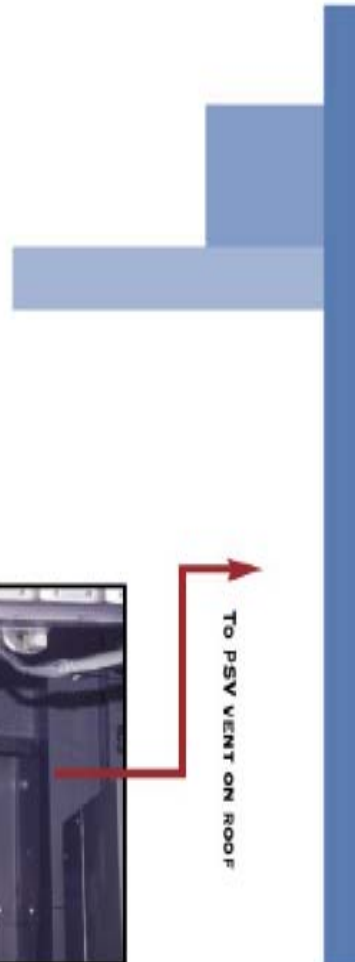
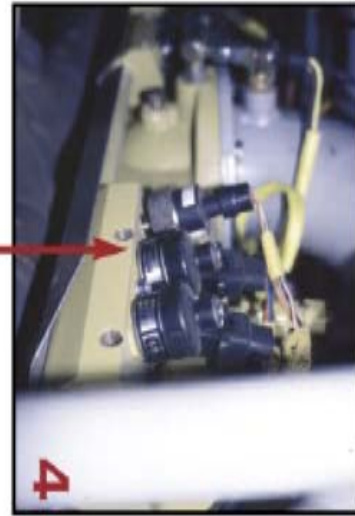


**SIDEVIEW OF DUAL FUEL BUS SHOWING LOCATIONS OF KEY CNG COMPONENTS.
PLEASE SEE FOLLOWING PAGE FOR DETAILS ON THE ITEM NUMBERS.**

APENDICE 1



PASSENGER-SIDE ENGINE COMPARTMENT (1) HOUSES THE CNG FILL NOZZLE (CIRCLED), PRESSURE GAUGE, PRESSURE REGULATOR, AND SHUTOFF VALVE. THE SAME STAINLESS STEEL TUBING SENDS CNG TO THE STORAGE TANKS (2) IN THE LUGGAGE COMPARTMENTS FROM THE FILL NOZZLE, AND FROM THE TANKS TO THE ENGINE (VIA THE PRESSURE REGULATOR). NOTE THE CNG FITTINGS ON AND AROUND THE TANKS ARE 'BAGGED' AND VENTED THROUGH THE FLOOR OF THE LUGGAGE COMPARTMENTS TO PREVENT CNG BUILDUP IN THE LUGGAGE AREA IN THE EVENT OF A LEAK. THE DRIVER-SIDE OF THE STORAGE TANKS (3) INCORPORATE A PRESSURE RELIEF VALVE TO VENT PRESSURE RELIEF EVENTS TO THE REAR ROOF AREA OF THE BUS. THE CNG INJECTORS (4) ARE LOCATED ON THE AIR INTAKE MANIFOLD OF THE DUAL FUEL ENGINE. THE ARROWS DEPICT THE FLOW OF CNG.





Operación del Motor Doble-Combustible.

El motor de combustible dual opera por introducción de una pequeña carga de diesel en la cámara de combustión hasta que el motor trabaje en vacío. Al salir del vacío el gas natural es introducido a la máquina al incrementar la energía, los dos combustibles operan simultáneamente el gas natural y el diesel. Entonces el combustible dual opera a una mezcla de 80% CNG y 20% diesel. El motor Caterpillar C-10 ha demostrado en este proyecto que es capaz de operar en una mezcla de 85% CNG y 15% diesel. El motor de combustible dual puede operar reduciendo su poder con puro diesel, hasta que el vehículo es recargado con gas natural. El motor de combustible dual operando en gas y diesel, reduce notoriamente las emisiones por partículas así como también las emisiones de partículas de óxido de nitrógeno. El motor Caterpillar de combustible dual, también demostró en este proyecto que fue certificado por el California Aire Limpio, que es una alternativa que cumple con la baja emisión de NOx estándar que es de 2.5g/bhp-hr. Este estándar es 37% menor que los estándares aplicados para motores diesel comunes.

Ruta de Autobuses y Ciclos de Manejo.

Los autobuses hacen una ruta de viaje desde la ciudad de Lompoc a Santa. Bárbara cada día, y operan 250 días por año, antes de abordar, los autobuses arriban a la ciudad de Lompoc aproximadamente a las 6:30 AM y viajan 60 millas hacia Santa. Bárbara. Después entregan los pasajeros en las zonas aledañas de Santa. Bárbara. Los autobuses se apagan, excepto si hacen operaciones de recarga de combustible o mantenimiento hasta que regresan a hacer el viaje hacia Lompoc por la tarde. Mas de el 90% del recorrido es por autopista acercándose a los límites de velocidad que es de 65 MPH. La ruta de entrada se caracteriza por estar distribuida a lo largo de una colina, una colina significativa (aproximadamente 2 millas de largo, 500 pies de alto, de 3 a 7 grados).

La autopista sigue hasta la parte baja de esta colina, esta hace que los autobuses puedan atravesar cada grado en el segmento del viaje. Ósea dos veces por viaje. La ruta de entrada es menos de 100 pies con respecto al nivel del mar. El área se caracteriza por una temperatura templada, con temperaturas en el día de 60°-90° F, y por la noche ocasionalmente llega a enfriar durante los meses de invierno.

Registro de Datos.

El registro de datos es coordinado por el SBCAPCD grupo de innovación tecnológica. El operador del autobús mantiene registro de ruta de mantenimiento, reparación y cargas de combustible. Un día al mes SBCAPCD descarga los datos de operación del motor de la computadora del motor dual, incluyendo el total de horas, horas del motor en ciclo dual, cantidad de uso de CNG y cantidad de diesel usado en modo dual, el C-10 DFNG no graba el total de uso en diesel.

Descripción de Reabastecimiento de Combustible Fácilmente.

La recarga de CNG es fácil y de acceso a todo público y fue usada durante el periodo de demostración de la prueba del autobús. La facilidad de construir nuestra propia estación de carga de gas por la compañía de gas del sur de California. El costo de la construcción fue cubierto principalmente por SBCAPCD, fácilmente fue equipado en una instalación que pueda almacenar el equivalente a 400 galones de gasolina a 3000 psi. Y una tasa de compresión de 170 scfm. El diesel fue obtenido en estaciones de carga en el mismo condado, igualmente cuando fue necesario, el diesel fue obtenido en sitios comerciales.



RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Operación del Autobús.

Los autobuses fueron manejados en una ruta similar a la rutinaria de servicio por 12 meses. Los tres autobuses de combustible dual lograron un total de 94,228 millas con un promedio de 31,400 millas cada uno, el autobús de diesel logro 27,443 millas. Los autobuses de combustible dual lograron 2,682 horas maquina, con un promedio de 894 horas cada uno. El autobús de diesel non fue equipado con horómetro, así mismo por la similitud de rutas y recorridos, el autobús de diesel fue probablemente utilizado en un número de horas comparable. Un registro de la operación del autobús es mostrado en la tabla 1. Un detalle mensual para cada autobús es incluido en el apéndice C.

TABLA 1: Datos de la Operación del Autobús

Caso	No. Bus	Tipo de Motor	Tiempo Maquina	DFNG Tiempo	Millas	CNG DEG	Diesel DEG
1	Air 11	DFNG	909	492	31,704	3191	3085
2	Air 13	DFNG	866	483	32,600	3192	2667
3	Air14	DFNG	907	567	29,924	3473	2094
4	Avg DF Bus	Avg DF Bus	894	514	31,409	3273	2615
5	Air 12 (D)	Diesel	N/A	N/A	27,443	N/A	4580

TABLA 2: Cálculos

Caso	% CNG Cuando Modo Diesel	% CNG En Combustible Total	% Tiempo En Modo Diesel	Promedio Millas DEG
1	86	51	54	5.05
2	87	54	56	5.56
3	86	62	63	5.41
4	86	56	57	5.34
5	N/A	N/A	N/A	6.00

Discusión de Datos de Operación.

Economía de Combustible.

La siguiente discusión de economía de diesel se basa, en datos de operación actuales, de los autobuses durante el periodo de demostración. El monto de diesel usado se baso en los registros de operación, cuando se checa la ruta por el equipo de SBCAPCD hasta que vuelve a cargar combustible. El consumo de gas natural es registrado en la computadora para después publicarse por medio del registro de la compañía de gas del sur de California. En total la economía del autobús de combustible dual promedia 5.34 millas/DEG, la economía del autobús de diesel es de 6.0 millas/DEG, también el autobús de combustible dual promedia cerca de 11% menos millas por DEG que el autobús de diesel. Porque el C-10 DFNG basa su eficiencia en una parte cuando trabaja con gas y otra parte cuando trabaja con diesel. La economía en periodo dual es actualmente menor que 5.3 millas por DEG. Asumiendo que la economía de combustible en el autobús de combustible dual, cuando empieza a operar en modo diesel, es equivalente a la operación del autobús (6.0 millas/DEG), que la del C-10 DFNG en modo dual se estima puede ser ó estar cerca de las 4.8 millas/DEG ó cerca de 20% menos que el motor de solo diesel. Esta estimación de economía de combustible en el motor de ciclo dual es mostrada en la figura 3.



Una razón por el registro de bajas millas en el autobús de combustible diesel es que tuvo aproximadamente un mes fuera de servicio antes de que tuviera fin el periodo de demostración para la detección de emisiones y la conversión a operación dual.

La economía de combustible con el motor de combustible dual solo se estima durante la prueba de emisiones en el dinamómetro. La estimación de la economía de combustible se hace durante la prueba e indica que el motor dual tiene comparación o es mejor económicamente hablando que el motor de diesel.

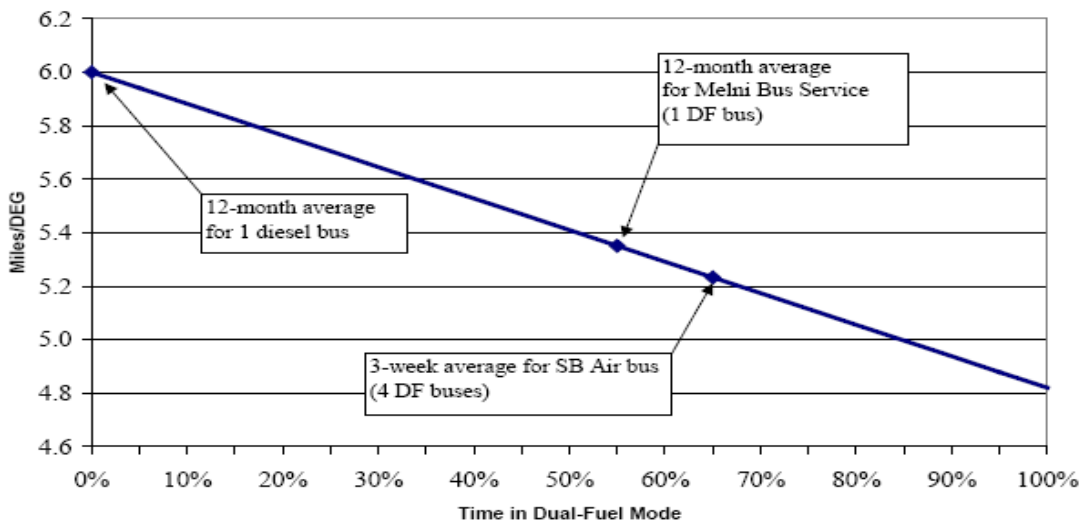
De igual manera, la estimación de economía de combustible durante la prueba no se basa en la actual medida de combustible, pero como resultado se ha obtenido una mejora en el contenido de carbono en cuanto a los gases de escape, la exactitud de este método depende de un cuidadoso análisis de la composición del combustible, es considerado como una incertidumbre asociada con la economía del combustible estimada durante la prueba de emisiones para el motor dual, es necesario la comparación del CNG y el radio de la mezcla de CNG al momento de la prueba, que sea lo anterior conocido.

Mejoramiento.

El poder de salida del C-10 DFNG fue comparado con el C_10 Diesel. Así mismo en el manejo del autobús en modo dual se reporta una ligera, pero notable reducción de poder. El C-10 DFNG motor tiene una adaptación mejor a lo que se requirió de carga. El C-10 DFNG tiene más bajo el torque y los caballos de fuerza que el C-10 de diesel en un corto tiempo rango de operación. Para esta demostración, esas diferencias son parcialmente compensadas por reprogramación en los puntos donde se controla electrónicamente la transmisión automática. Además algunos operadores reportan que el C-10 DFNG motor tiene un ligero retraso en la respuesta de la válvula de aceleración.

Los autobuses de combustible dual son equipados con un gobernador electrónico que reduce el poder disponible en la maquina cuando el autobús es operado en modo diesel solamente. Esta característica fue diseñada para proporcionar bastante poder a un caso débil, también la reducida mejora, se promocionado tanto que los operadores se desanimaron al saber que manejarían su ruta de operación sin CNG. La reducción de poder fue evidente en aceleraciones fuertes y cuando la travesía se realizaba a pasos graduados. Entre otras cosas, el C-10 DFNG mejoro de manera similar (incluyendo mantenimiento en autopista a velocidad crucero) en ambos modos dual y diesel.

Figure 3. C-10 DFNG Engine: Miles per Gallon versus Dual-Fuel Operating Time





Durante esta demostración, la reducción de poder fue en un solo modo y no fue suficiente para determinar que los autobuses fueron consistentemente operados en el modo CNG. El SBCAPCD tiene en juego una actividad y es garantizar el uso de CNG.

Para el caso de los tres autobuses C-10 DFNG, solo tuvieron algunos problemas mecánicos que fueron experimentados durante el periodo de demostración. Uno consistió en la introducción de agua en dos de las computadoras; el otro fue que se rompió la campana colectora de aire fresco. Una nueva computadora fue instalada, la experiencia con la computadora no causo fuertes problemas por causa de la introducción de agua. La ruptura de la campana del colector del aire fresco, no tiene que ver con el funcionamiento del ciclo dual.

Sustitución de combustible de CNG

Sobre la base de los datos recuperados de la computadora de motor de DFNG de C-10, el uso de CNG hacía un promedio de 86 % cuando el motor estaba funcionando en el modo doble - combustible. Sin embargo, durante el periodo de demostración, la proporción de sustitución de CNG medio en conjunto verdadero era aproximadamente 56 % (sobre tanto un combustible - uso como una base de horario de atención). Las causas para la proporción de sustitución de CNG medio en conjunto más bajo lo fueron:

- Las operaciones de bus normales / "Fuera del alcance" los parámetros de motor;
- El tiempo improductivo de sistema de CNG de bus; y
- El fracaso de cargar combustible los autobuses con CNG / falla de estación de CNG.

Estos asuntos son hablados de más completamente en las secciones que siguen. Los motores de DFNG de C-10 se quedaban completamente en funcionamiento en el modo de diesel, incluso cuando CNG no era en uso. Esto tiene el efecto de hacer la proporción de sustitución de CNG en conjunto más bajo que la proporción ideal. Cuando comparamos el uso de combustible del motor de DFNG de C-10 con eso de un motor de CNG dedicado, la consideración debe ser dada a la cantidad de diesel utilizado por los autobuses de reemplazo puesta en el servicio cuando el motor de CNG dedicado era inoperable.

Las operaciones de motor normales / "Fuera del alcance" los parámetros de motor

El motor de DFNG de C-10 esta diseñado para funcionar en el modo diesel -solo bajo las ciertas condiciones normales. Por ejemplo, el C-10 durante el que el motor de DFNG funciona en el modo de diesel ocioso y hasta calentar el motor (incluso baja el poder). Aplicaciones para las que el motor de DFNG de C-10 es dejado sin trabajo para puntos ampliados, conducido en el tráfico parada - e - ida, o usado intermitentemente (cuando el motor es permitido calmarse entre los viajes) tendrán más bajo que las aplicaciones que proporcionan una sustitución de CNG en conjunto involucrando la conducción de autopista sostenida.

De acuerdo con socios de redes de energía (PSA), la computadora del motor de DFNG de C-10 es programada para poner fin a la operación doble - combustible (y operar en el modo recto - diesel) cualquier vez en que uno de los numerosos parámetros operativos se aparta fuera de una extensión aceptable. Por ejemplo, si la presión de CNG baja demasiado bajo o el motor se pone demasiado caliente, la computadora vuelve al modo diesel -solo. Motores de DFNG de C-10 terminaron la operación doble - combustible con regularidad porque éstos "Fuera del alcance" los parámetros eran detectar. Aparentemente, los alcances de los parámetros operativos del motor "Permisibles" han sido limitados a una cinta bastante angosta para minimizar el potencial de daño para el motor. Para proporcionar una sustitución de CNG incrementada se a dado cuenta de que en aplicaciones de conducir legítimo - mundo, las computadoras de motor de DFNG de C-10 tienen que ser reprogramadas para admitir un más amplio rango de parámetros permisibles en la operación del motor.



Otro factor que afecta el uso de CNG es que en cuanto la computadora terminó la operación de CNG, el motor no empieza a usar CNG otra vez hasta que el motor ha sido apagado, entonces/luego hay que encender otra vez el motor típicamente. En autobuses de foráneos y camiones, es poco práctico (y potencialmente poco seguro) hacerse a un lado y arrancar el motor para volver a poner la computadora. El uso de CNG podría ser incrementado si la computadora reexaminara los parámetros operativos periódicamente y reiniciara la inyección de CNG si los parámetros hubieran regresado a menos de los alcances permisibles.

Tiempo improductivo del sistema de CNG de motor

El tiempo improductivo de CNG también puede ser causado por los fracasos mecánicos del sistema de CNG. Sin embargo, no había semejantes fracasos físicos del sistema de CNG durante el período de demostración. La computadora de DFNG de C-10 falló en dos de los buses debido a los problemas de intrusión de humedad en la época de lluvias fuerte. Esta computadora controla la inyección de CNG al motor. Más a menudo, el tiempo improductivo de CNG existió debido a la computadora "Problemas técnicos." Aunque estas fallas eran de las causas relativamente menores, el tiempo improductivo de CNG persistió por varios días, y a veces semanas, debido a la logística de tener un mecánico titulado para reparar el autobús.

El problema de reabastecer de combustible los autobuses con CNG

Para terminar sus rutas sin que se quedara sin CNG, los autobuses doble - combustible tuvieron que ser reabastecidos de combustible con CNG un día sí, otro no. A veces el operador de autobús sólo dejó de cargar combustible el autobuses de acuerdo con este programa. Cargar combustible un autobús (incluyendo la conducción hacia y desde la estación de aprovisionamiento de combustible) tomó casi una hora. Por consiguiente, esta contrariedad sirvió de freno para llenar los autobuses con CNG constantemente. En un esfuerzo de asegurar el uso consecutivo de CNG, un sistema se implemento y se asigno una "Persona de combustible" especial para reabastecer de combustible cada autobús durante la parada temporal del autobús en Santa Bárbara todos los días.

Había algunos períodos cuando la estación de CNG era inoperable durante el doceavo mes de demostración. Desafortunadamente, ninguna estación de copia de seguridad conveniente estaba disponible cuando el centro de CNG principal no operaba. Para minimizar la cantidad del tiempo en que los autobuses operan sobre combustible diesel durante el tiempo improductivo de la estación de CNG, una instalación de copia de seguridad conveniente debe estar disponible. Para los autobuses de expreso aéreo limpios, el uso de compresores de "Tiempo - llenado" rápidos para cargar combustible a los autobuses toda la noche habría sido ideal. La estación de CNG de acceso público podía haber sido usada como la estación de copia de seguridad cuando la unidad de compresor de tiempo - llenado era abajo, o para llenado rápido como se necesitaba.

El Consumo de Aceite y los Intervalos de Cambio de Aceite

Había muy poco consumo de aceite en los cuatro buses. El aceite en los autobuses fue cambiado cada 7,500 millas. El aceite usado no fue probado ni analizado.

Perspectivas del Operador y los Pasajeros

Aparte de la necesidad de obtener combustible de CNG, la operación de los autobuses doble - combustible era esencialmente indistinguible del autobús de diesel. Ruido de motor y vibración eran similares entre los dos motores. Como se dijo previamente, los conductores sentían que los autobuses doble - combustible tenían menos poder que el autobús de diesel, ligeramente, pero la diferencia era muy menor. Algunos durante la conducción sentían que los motores de Caterpillar, tanto el doble - combustible como el diesel, eran más fuerte, y tenía un zumbido de turbina más alto en un viaje crucero que los motores de DDEC de 6V - 92 de diesel de Detroit que eran familiares para ellos.



PRUEBA DE EMISIONES DE GASES

El CEC con Clean Air Vehicle Technology Center (CAVTC) evaluó la reducción de emisiones de gases de dos de los autobuses de DFNG de C-10 y el autobús de diesel D de C-10. CAVTC, por turno, se preparó para hacer pruebas llevadas a cabo por y en LAMTA. El técnico de prueba de LAMTA aseguró el SBCAPCD que los procedimientos de prueba del Organismo de Protección Ambiental y CARB apropiados fueron usados, pero no la documentación escrita de los métodos de prueba, los procedimientos de calibración, o los procedimientos de garantía de la calidad fue suministrado. Este informe sólo presenta los resultados de prueba de emisiones de gases cuando fueron proveídos por LAMTA.

Los motores de DFNG de C-10 fueron evaluados en tanto doble - combustible como los modos de diesel. Los autobuses fueron evaluados sobre un dinamómetro de chasis usando los siguientes ciclos de manejo: Ciclo de manejo EPA Dinamómetro urbano programa D del Organismo de Protección Ambiental CBD de WVU, 55 MPH velocidad segura estatal, y parado. Estos ciclos de manejo son requeridos a proveer una "Instantánea" de las emisiones de gases de los autobuses bajo las condiciones de conducir verdaderas.

Una descripción completa de resultados de prueba de emisión de gas, incluyendo una descripción de los métodos de prueba y los ciclos de unidad de disco, es incluida en Apéndice 3. Figures 4 - 6 y Tabla 2 - 3 resumen los resultados de prueba para cada bicicleta de unidad de disco cargada.

Motor de DFNG de C-10 en el modo doble - combustible versus el motor de D de C-10

Cuando comparamos los motores de DFNG de C-10 con el modo doble - combustible al motor de D de - caso C-10 de base, las diferencias de emisiones de gases siguieron a las modas consecuentes entre los tres ciclos de manejo cargados. Los motores de DFNG de C-10 en el modo doble - combustible tenían más bajo que el motor de D de C-10 (los alcances representan el valor más bajo / más alto para todos tres ciclos de manejo hablados de en la parte 4.3) las emisiones de gases de los siguientes contaminantes: NO_x (27 % - 60 %), PM (54 % - 64 %), y CO₂ (14 % - 19 %), y los aumentos de CO (634 % - 860 %) y NMHC (697 % - 1,718 %). Haga referencia a Figures 4 - 6 y Tablas 2 - 3 para un resumen de los resultados de prueba de emisiones de gases. Las reducciones de NO_x eran más pronunciadas en el ciclo de manejo de estado federal 55 MPH firme. Esto podría haber sido atribuible al D de C-10 estando equipado con un "dispositivo de Derrota" (ver la discusión en el siguiente párrafo). Aunque emisiones de gases de NMHC de los motores de DFNG de C-10 en el modo de doble - combustible fue esperado el aumento, pero la magnitud del aumento era sorprendente.

Una divergencia interesante en las tendencias de emisiones de gases entre las tres pruebas era para NO_x y emisiones de gases de NMHC se combinaron (NO_x y emisiones de gases de hidrocarburo non-metano / non- etano son consideradas precursores a ozono de nivel del suelo). En las dos pruebas de carga variables (ciclo de manejo Dinamómetro urbano del Organismo de Protección Ambiental y el CBD de WVU), el DFNG de C-10 tenía aproximadamente 18 % más grande que el D de C-10 las emisiones de gases de NO_x y NMHC (combinado); sobre la prueba de estado federal 55 MPH firme, el motor de DFNG de C-10 tenía 42 % más bajo que el D de C-10 las emisiones de gases de NO_x y NMHC (combinado). Sobre la base de los debates con PSA, la computadora de motor de D de C-10 es creída para operar el motor sobre uno de dos "Mapas operativos" electrónicos dependiendo de si el motor está funcionando en una carga variable o un modo regular - estado. Este tipo de sistema, comúnmente conocido como un "Dispositivo de derrota", resulta en que el motor sea operado en un modo bajo - emisiones de gases eficazmente cuando el motor está expuesto a las cargas diferentes, como en el manejo de ciudad (o pruebas de certificación de emisiones de gases), y unas emisiones de gases más altas (y el ahorro de combustible) cuando el motor no esta en las condiciones regular - estado, como el manejo de autopista "foráneo". Aunque el motor de DFNG de C-10 tiene emisiones de gases de NO_x /



APENDICE 1

NMHC significativamente más bajas cuando opera en el modo regular - estado el motor diesel de D de C-10 (creído estar equipado con una dispositivo de derrota) la prueba de emisiones de gases adicional es necesitada para determinar si el DFNG de C-10 tiene más bajo las emisiones de gases de NOx / NMHC que un motor diesel moderno que no esta equipado con un dispositivo de derrota.

Si el motor doble - combustible es dirigido al uso de reducir emisiones de gases de precursor de ozono (NOx e hidrocarburos non- metano / non- etano), el motor debe ser fuente de evaluación inicialmente antes del uso y periódicamente sobre la vida del vehículo para verificar que las suposiciones se hicieron en reducciones de precursor de ozono. Tal prueba debe enfatizar la determinación exacta de las emisiones de gases de hidrocarburo non- metano / non- etano del motor. También, los distritos de aire deben estar al tanto de que los motores de DFNG de C-10 producen más emisiones de gases de CO que el motor diesel de D de C-10 usual significativamente. Aunque alto, los niveles de CO podían estar dentro del padrón y pueden ser corregidos por el uso de catalizadores de oxidación.

Motor de DFNG de C-10 en el modo de diesel versus el motor de D de C-10

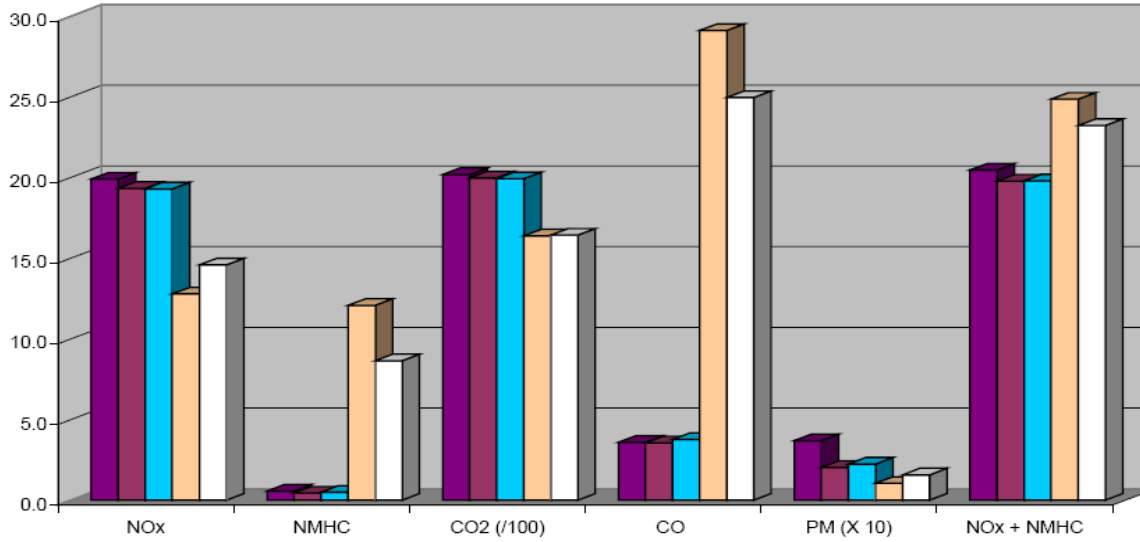
Emisiones de gases del motor de DFNG de C-10 en el modo de diesel fueron comparadas con emisiones de gases del motor de base D de C-10. NOx, CO, y emisiones de gases de CO₂ eran comparables (en general dentro de 3 %) entre los dos tipos de motor cuando usaban combustible diesel. Sin embargo, las emisiones de gases de NMHC y PM hacían un promedio de aproximadamente 17 % y 33 % más bajo, respectivamente, sobre el motor de DFNG de C-10. Sobre la base de las discusiones con PSA, no hay ninguna motor con diferencias operativas inherentes entre el motor de DFNG de C-10 cuando usa combustible diesel y el motor de D de C-10. Ninguna explicación para esta diferencia de emisiones de gases es ofrecida en este informe. Debido a las empresas de toxicidad con PM en gases de escape de motor diesel, la prueba de PM adicional puede ser justificada para después explorar si el motor de DFNG de C-10 en el modo de diesel tiene emisiones de gases más bajas de PM en realidad que el motor diesel de D de C-10.

Problemas y solución

Al principio del período de demostración, había un poco de dificultad en coordinar el aprovisionamiento de combustible de CNG. Los conductores no estaban acostumbrados a cargar combustible los autobuses un día sí, otro no, como se necesitaba asegurar para la operación doble - combustible ininterrumpida. Los autobuses estaban llenos del combustible diesel en Lompoc en las noches; sin embargo, porque la estación de CNG estaba ubicada en Santa Bárbara, los autobuses tuvieron que estar llenos de CNG durante el día cuando los autobuses estaban entre los viajes. Porque los conductores de autobús eran viajeros diarios (i.e., Tenían otros trabajos durante el día), el aprovisionamiento de combustible de CNG era difícil para ellos. Un mes en el período de demostración, este asunto fue resuelto teniendo una persona (no un conductor de autobús) para cargar combustible todos los autobuses con CNG durante la parada temporal de día. Porque el motor de DFNG de C-10 tenía buen poder cuando se usaba en el modo diesel -solo, había poco incentivo para que los conductores aseguraran que los autobuses fueran cargados con combustible CNG. La supervisión hecha por el personal de SBCAPCD era necesaria para asegurar el uso consecuente de CNG. El uso de la persona de aprovisionamiento de combustible dedicada ayudó a minimizar este problema.



**Figura 4. Resultados de la prueba de emisiones EPPA UDDC
Cedula del ciclo de manejo D.**



Colores:

Morado: indica control de aire 12

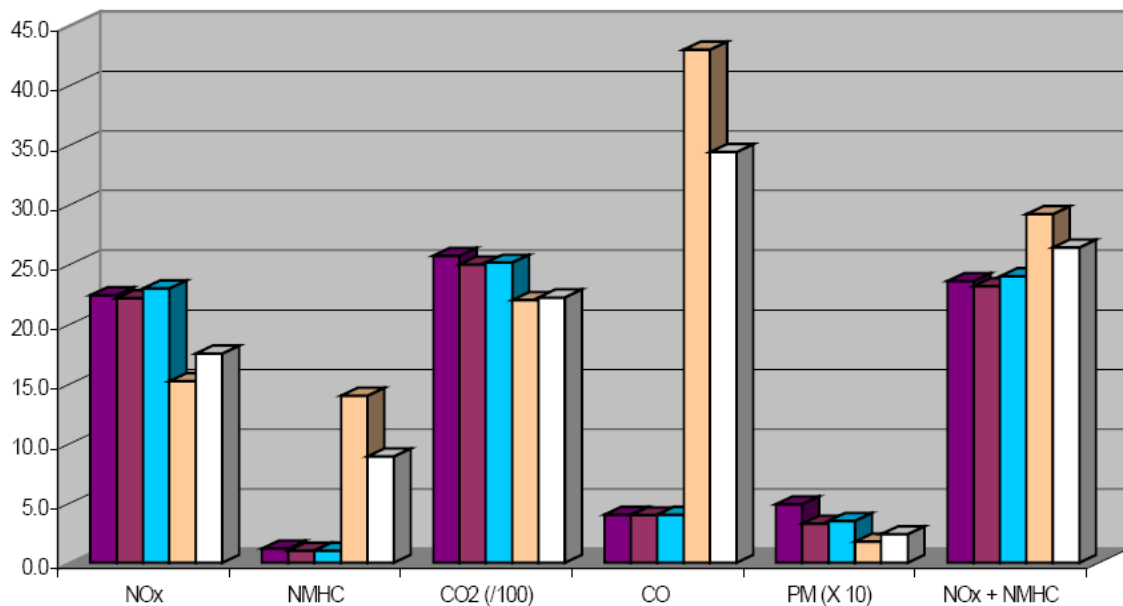
Lila: indica aire 13 motor diesel en función solo diesel.

Azul claro: Indica aire 14 motor diesel en función solo diesel.

Café claro: indica aire 13 en función diesel.

Blanco: indica aire 14 en función diesel.

**Figure 5. Resultados de la prueba de emisiones de la Universidad del Oeste de
Virginia ciclo de manejo centro de comercio.**

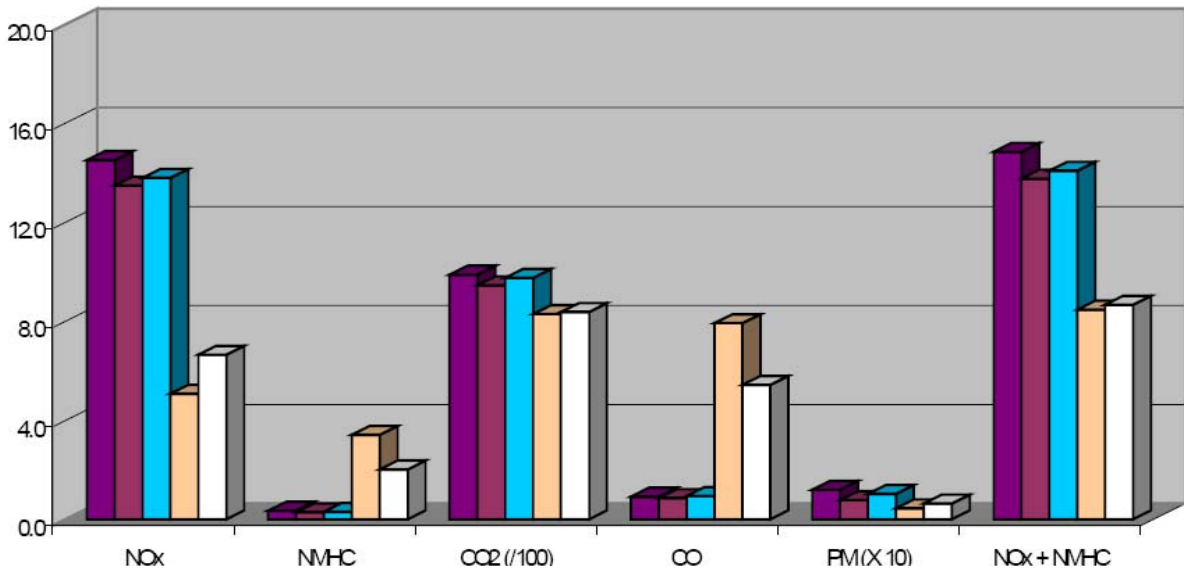




Colores:

- Morado: indica control de aire 12
- Lila: indica aire 13 motor diesel en función solo diesel.
- Azul claro: Indica aire 14 motor diesel en función solo diesel.
- Café claro: indica aire 13 en función diesel.
- Blanco: indica aire 14 en función diesel.

Figura 6. Resultados de la prueba de emisiones a 55mph en el ciclo de manejo del estado estable.



Colores:

- Morado: indica control de aire 12
- Lila: indica aire 13 motor diesel en función solo diesel.
- Azul claro: Indica aire 14 motor diesel en función solo diesel.
- Café claro: indica aire 13 en función diesel.
- Blanco: indica aire 14 en función diesel.

Tabla 2. Resultados de la prueba de emisiones: motor de ciclo dual en modo dual contra motor diesel.

Cedula del EPA UDCC D: Las emisiones son en gramos/milla.

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	Control diesel	19.90	0.57	20.18	3.59	3.68	20.47
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	12.78	12.08	16.38	29.11	1.04	24.86
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	14.58	8.65	16.43	24.96	1.57	23.23
Promedio del diesel	MGN en modo diesel	13.68	10.36	16.40	27.04	1.31	24.04



APENDICE 1

Promedio En rendimiento del motor de gas natural	31%	N/A	19%	N/A	64%	N/A
Porcentaje en incremento del motor de gas natural	N/A	1718%	N/A	653%	N/A	17%

WVU CBD: Las emisiones están en gramos/milla.

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	Control diesel	22.41	1.19	25.71	4.03	4.90	23.60
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	15.21	13.99	21.99	42.99	1.76	29.2
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	17.51	8.90	22.23	34.40	2.39	26.41
Promedio del MGN en modo diesel		16.36	11.44	22.11	38.70	2.07	27.8
Promedio En rendimiento del motor de gas natural		27%	N/A	14%	N/A	58%	N/A
Porcentaje en incremento del motor de gas natural		N/A	861%	N/A	860%	N/A	18%

55 millas por hora las unidades de las emisiones están en gramos/milla

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	control diesel	14.50	0.34	9.87	0.91	1.18	14.84
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	5.06	3.41	8.28	7.92	0.44	8.47
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	6.64	2.02	8.38	5.43	.064	8.66
Promedio del MGN en modo diesel		5.85	2.71	8.33	6.68	0.54	8.56
Promedio En rendimiento del motor de gas natural		60%	N/A	16%	N/A	54%	42%
Porcentaje en incremento del motor de gas natural		N/A	697%	N/A	634%	N/A	N/A

Tabla 3. Resultados de la prueba de emisiones: motor tipo dual en modo diesel contra motor de diesel

EPA UDCC cedula D: las unidades de emisiones son en gramos/milla.

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	control diesel	19.90	0.57	20.18	3.59	3.68	20.47
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	19.32	0.45	19.98	3.55	2.03	19.77
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	19.29	0.50	19.93	3.77	2.23	19.79
Promedio del MGN en modo diesel		19.31	.47	19.95	3.66	2.13	19.78
Promedio. En rendimiento del motor de gas natural		3%	18%	1%	N/A	42%	3%



APENDICE 1

Porcentaje en incremento del motor de gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
---------------------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

WVU CBD: Unidades de emisiones en gramos/milla

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	control diesel	19.90	0.57	20.18	3.59	3.68	20.47
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	19.32	0.45	19.98	3.55	2.03	19.77
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	19.29	0.50	19.93	3.77	2.23	19.79
Promedio del MGN en modo diesel		19.31	.47	19.95	3.66	2.13	19.78
Promedio En rendimiento del motor de gas natural		3%	18%	1%	N/A	42%	3%
Porcentaje en incremento del motor de gas natural		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

55 millas por hora en estado estable: las unidades de la prueba son gramos milla.

AUTOBUS	DESCRIPCION	NOX	NMHC	CO2/(100)	CO	PM(X10)	NOX+NMHC
Aire12	control diesel	14.50	.34	9.87	0.91	1.18	14.84
Aire13	Motor de gas natural en modo diesel	5.06	3.41	8.28	7.92	0.44	8.47
Aire 14	Motor de gas natural en modo diesel	6.64	2.02	8.38	5.43	0.64	8.66
Promedio del MGN en modo diesel		5.85	2.71	8.33	6.68	0.54	8.56
Promedio En rendimiento del motor de gas natural		60%	N/A	16%	N/A	54%	42%
Porcentaje en incremento del motor de gas natural		N/A	697%	N/A	643%	N/A	N/A

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Diferencias de costos fijos

La diferencia en costos fijos entre el DFNG de C-10 y el D de C-10 fue limitada a los gastos de capital relacionados con la conversión de los motores de D de C-10 a operación doble - combustible (\$45,000 / autobús). Este precio incluía todas partes y trabajo para cambiar el motor diesel de base por la configuración doble - combustible, e instalar los cilindros de CNG y la instalación de escapes. El costo del motor de Caterpillar era \$1,300 por autobús menos de lo que el motor original especificó para los autobuses, uno M11 de Cummins. Sin embargo, para los propósitos de este informe, solamente la diferencia de costos entre el DFNG de C-10 y el motor de D de C-10 es constituida. Si los autobuses ya no hubieran estado equipados con el motor diesel de C-10 de Caterpillar gastos adicionales habrían sido incurridos para retirar el motor original y reemplazarlo con el motor de Caterpillar, y de la necesidad de modificar cualquier accesorios de motor (i.e..., Transmisión, radiadores, y heladeras de aire de cargo).



Diferencias de costos variables

Las diferencias de costos variables entre el doble - combustible y autobuses de diesel incluían combustible, el mantenimiento, las reparaciones, y el seguro. Sobre la base de las discusiones con el proveedor de seguro para los autobuses de expreso aéreo limpios, el seguro contra daño por choque era más para los autobuses doble - combustible porque los autobuses costaban mayor cantidad (debido a el equipo físico de CNG, no debido a el uso de CNG).

El costo para conservar en buen estado los autobuses doble - combustible era menos para los cambios de aceite, porque los intervalos de cambio de aceite podían ser prolongados aproximadamente 100 % más tiempo que para el autobús de diesel. Los autobuses doble - combustible tienen un costo adicional en el mantenimiento del sistema de aprovisionamiento de combustible de CNG. Todos los otros gastos de mantenimiento son lo mismo para los dos tipos de autobuses.

Los gastos de combustible eran más altos para los autobuses doble - combustible. Los gastos de combustible son las funciones del costo del combustible y la eficiencia del motor (i.e..., Las millas / DEG). Durante el período de demostración, el camión diesel obtuvo en una proporción mayor haciendo un promedio de \$0.80 / DEG; el CNG obtuvo una proporción de venta al por menor determinando el promedio de \$0.90 / DEG. Suponiendo que el 56 % de CNG del combustible es usado / el combustible total se mezclan en los motores de DFNG de C-10, el costo de combustible "Mezclado" hacía un promedio de \$0.856 / DEG. Estos gastos están basados en las facturas verdaderas de las compras de combustible durante el curso del período de demostración. Los autobuses doble - combustible también usaron más combustible, porque determinaron el promedio de solamente 5.34 millas / DEG; el autobús de diesel hacía un promedio de 6.0 millas / DEG.

Precios de trabajo relacionados con el aprovisionamiento de combustible eran más altos para los autobuses doble - combustible. Porque los autobuses doble - combustible tienen menos alcance que el autobús de diesel, deben ser cargados de combustible más a menudo. También, los autobuses de doble - combustible tenían que ser conducidos a dos estaciones distintas para obtener CNG y diesel, así se incrementaba el tiempo total que necesitaba para obtener combustible.

Sobre la base de la confiabilidad del motor de DFNG de C-10 durante el curso del período de demostración, el costo de reparar los motores de DFNG de C-10 fue supuesto ser similar como para el motor diesel usual. Debido a la duración limitada de este período de demostración, no podíamos determinar si los motores de DFNG de C-10 requerirán mayor o menor cantidad de reparaciones durante las vidas de los motores.

Un resumen de los gastos de diferencial de operar para el motor de DFNG de C-10 comparado con el motor diesel de D de C-10 es presentado en una sección posterior.

Valor potencial de la emisión a la que la reducción da crédito

El CEC pidió que SBCAPCD valorara el valor potencial de los créditos de reducción de emisiones (ERCs) que podían ser generados a través del uso del motor de DFNG de C-10. ERCs, una vez titulado, pueden ser vendidos sobre el mercado abierto a fuentes que necesitan "Compensar" sus aumentos de emisiones de gases. En 1998, el precio de compra de mediana para NO_x, compuestos orgánicos reactivos (ROCs), PM₁₀, ERCs de SO_x y CO en California era \$10,925 / tonelada, \$4,932 / tonelada, \$10,000 / tonelada, \$10,411 / tonelada y \$2,509 / tonelada, respectivamente. La potencial valuación de ERCs generó que el uso del motor de DFNG de C-10 no era resuelto porque:

Determinar el valor en conjunto de ERCs de usar el motor de DFNG de C-10 es complicado por el hecho de que el valor de las reducciones de NO_x y PM puede ser afectado por los aumentos potencialmente importantes en emisiones de gases de NMHC (una incumbencia posible en áreas no logradas de ozono) y CO (una incumbencia en áreas no logradas de CO).



APENDICE 1

- La cantidad de ERCs generada puede variar enormemente dependiendo del uso de motor anual, los resultados de prueba de emisiones de gases (el motor nuevo versus reemplazado) la vida remanufacturada del motor reemplazado o el vehículo, y las proximidades de la fuente que genera el ERCs a el origen que necesita los ERCs.
- El costo de producir ERCs (y por lo tanto la ganancia de vender los ERCs) también puede variar enormemente dependiendo de costos de volver a arrancar, las diferencias en costos de explotación de motor nuevo versus viejos, y costes de acatamiento de distrito de aire (permitir, la prueba de emisiones de gases, el señalamiento).

Resumen de gastos durante demostración período

Sobre la base de los gastos verdaderos incurridos en durante el período de demostración, los DFNG autobuses equipados de C-10 costaban \$6,150 más por año, o sobre \$0.20 más por milla, operar que el autobús equipado de C-10 de D. El Cuadro 4 resume el diferencial de costo de explotación entre el DFNG de C-10 y motores de D de C-10. Solamente las diferencias de costo entre los dos motores son puestas en una lista: gastos que eran lo mismo para ambos tipos de motor no son puestas en una lista. En este análisis, el diesel fue comprado en una proporción al por mayor; CNG fue comprado en una proporción de venta al por menor.

Proyectó gastos usando precios de diesel de venta al por menor y en estación de sitio CNG

El coste de operar el DFNG de C-10 y los motores de D de C-10 pueden variar enormemente dependiendo de la aplicación de la flota. Los beneficios financieros de usar CNG son optimizados en cajas donde los operadores de la flota obtienen combustible diesel a precios de minoristas, y CNG puede ser obtenido en un precio de "Mayorista" usando una estación de CNG en sitio poseída por el operador de la flota. Una estación de CNG en sitio también puede estar equipada con las estaciones de "Tiempo - relleno" de combustible, para los vehículos que en la noche no operan, donde son colocados, reduciendo los costos de mano de obra que se asociaron con CNG para reabastecer de combustible. El Cuadro 5 resume el diferencial de costo de explotación entre el motor de D de C-10 y el DFNG de C-10, suponiendo que el operador paga precios de venta al por menor de combustible diesel y obtiene CNG vía una estación de CNG en sitio, y asumiendo una proporción de sustitución de CNG 80 %. Todos los otros gastos son supuestos a ser similares para el período de demostración verdadero (ver las diferencias de costos fijas y la diferencia de costo variable en esta sección). Sobre la base de este análisis, un motor de DFNG de C-10 es proyectado a costar aproximadamente \$0.40 / milla al aplicarse. Esto es aproximadamente \$0.12 / milla más del costo proyectado para operar un motor de D de C-10 en una aplicación similar. Si el operador de vehículo no tuviera que pagar los gastos de capital para cambiar el vehículo (\$0.15 / milla) por la operación doble - combustible, el motor de DFNG de C-10 podía costar \$0.03 / milla en realidad menos para funcionar que un motor diesel. El Cuadro 5 representa el guión de costo óptimo presumido para el uso de CNG. Presumiblemente las diferencias de costos verdaderas caerán a algún sitio entre los valores entregados en el Cuadro 4 y 5. Todos los operadores de la flota deben tasar las diferencias de costo sobre la base de su propia aplicación específica.

3 junta de recursos del Organismo de Protección Ambiental, aire de California, "Informe de resumen de coste de transacción de compensación de reducción de emisión de gas por 1998", abril 1999. Las lecciones aprender Prueba de



Tabla 4: Actualización de la operación anual de la diferencias de costos durante el periodo de demostración.

DESCRIPCION DE PARTE	C-10 DIESEL	C-10 DFNG	REFERENCIA
Costo anualizado capitalizable combustible	\$ 0	\$ 4,500	Appn5: seccion1.1
Carga de combustible seguro	\$ 4,000	\$ 4,810	Appn5: sección 1.2
mantenimiento del sistema de gas	\$ 342	\$ 814	Appn5: sección 1.3
reparaciones	\$ 2,100	\$ 2,370	Appn5: sección 1.4
mantenimiento, cambio de aceite	\$ 0	\$ 298	Appn5: sección 1.5
Créditos de reducción de emisiones	\$ 0	\$ 0	Appn5: sección 1.6
	\$ 400	\$ 200	Appn5. sección 1.7
	\$ 0	\$ 0	Sección de reporte 5.3
Costo total por año	\$ 6,842	\$12,992	Base: 30,000 millas al año.
Costo por milla:	\$ 0.23	\$0.43	
Incremento del costo para el motor dual	\$6,150/año o \$0.20 la milla		

Tabla 5: Diferencias del Proyecto de costos de operación anual usando diesel de venta al por menor y una estación CNG en sitio

DESCRIPCIÓN DE PARTE	C-10 DIESEL	C-10 DFNG	REFERENCIA
Costo anualizado capitalizable combustible	\$ 0	\$ 4,500	Appn5: sección1.1
Carga de combustible seguro	\$ 5,500	\$ 4,494	Appn5: sección 1.2
mantenimiento del sistema de gas	\$ 342	\$ 77	Appn5: sección 1.3
reparaciones	\$ 2,100	\$ 2,370	Appn5: sección 1.4
mantenimiento, cambio de aceite	\$ 0	\$ 298	Appn5: sección 1.5
Créditos de reducción de emisiones	\$ 0	\$ 0	Appn5: sección 1.6
	\$ 400	\$ 200	Appn5. sección 1.7
	\$ 0	\$ 0	Sección de reporte 5.3
Costo total por año	\$ 8,342	\$ 11,939	Base: 30,000 millas al año.
Costo por milla:	\$ 0.28	\$ 0.40	
Incremento del costo para el motor dual	\$3,597/año o \$0.12 la milla		



LECCIONES APRENDIDAS

Prueba de Altoona

Inicialmente, los miembros de equipo de proyecto trataron de tener al MCI para proveer los buses equipados con los componentes doble - combustible como una instalación del OEM. Previmos que esto minimizaría el número de órdenes de compra y contratos que tenían que ser hechos para asegurar los autobuses al público. Sin embargo, descubrimos que el gobierno de tránsito federal requería que todas las nuevas combinaciones de chasis / motor de foráneos terminen la prueba de rendimiento rigurosa en Altoona, Maine pronto. Tener al OEM para repartir el autobús en la configuración doble - combustible hubiera provocado el requisito para esta prueba indudablemente. Teniendo los autobuses a repartir con los motores diesel usuales, y luego enviarlos para ser cambiados por la operación doble - combustible como se usaron los autobuses, la prueba de Altoona no era necesaria.

Animar a operadores de autobús a usar CNG

Porque los autobuses de DFNG de C-10 podían operar satisfactoriamente con combustible diesel sobre la característica de terreno relativamente planas de las rutas, un poco de vigilancia era necesario para asegurar que el operador del autobús cargara combustible los autobuses constantemente con CNG. Si los autobuses hubieran funcionado menos satisfactoriamente en el modo diesel -solo, menos de la vigilancia habría sido necesaria para asegurar el uso de CNG consecuente (i.e., El proceso habría sido personalidad - regular).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las siguientes conclusiones están basadas en el rendimiento de los tres motores de C-10 DFNG y un C-10 de D que se usaron en los autobuses de expreso aéreo limpios durante el período de demostración de 12 meses.

Rendimiento

- El rendimiento y la confiabilidad de los motores de DFNG de C-10 eran comparables al motor de D de C-10. Esta conclusión puede necesitar una reexaminación después de un más largo uso de CNG y una acumulación de kilometraje más alto.
 - En el modo doble - combustible, los motores de DFNG de C-10 usaron aproximadamente 86 % CNG y diesel 14 %. En una proporción de sustitución de CNG 86 %, los motores de DFNG de C-10 determinaron el promedio de aproximadamente 4.8 millas / DEG, que era aproximadamente 20 % menos que el promedio de D de C-10 de 6 millas / DEG.
 - Determinado el promedio durante el período de demostración entero, los motores de DFNG de C-10 operaron aproximadamente 57 % del tiempo total en el modo de combustible doble, y 43% del tiempo en el modo de diesel. Los motores de DFNG de C-10 determinaron el promedio de 5.34 millas / DEG en general, que era aproximadamente 11 % menor que el promedio de D de C-10 de 6.0 millas / DEG.
 - Al operar el motor de DFNG de C-10 en el modo de diesel, la característica del modo “reducir – poder” suministró solamente el incentivo mínimo para que los conductores fueran a reabastecerse de combustible CNG. Los motores de DFNG de C-10 funcionaron satisfactoriamente, incluso cuando fue completamente intencionado, el modo “reducir – poder”.
 - La sustitución de CNG fue menos de lo esperado al evaluar el resultado:
 - El fracaso ocasional del operador del vehículo para cargar los autobuses con combustible CNG.
 - Los problemas con el software operativo de la computadora del motor de DFNG de C-10.
-



APENDICE 1

- Las fallas del centro CNG para reabastecer de combustible.
- Los autobuses equipados con DFNG de C-10 costaban aproximadamente \$0.20 / milla más para operar que los autobuses equipados con motor D de C-10.

Emisiones de gases

- En general, el motor de DFNG de C-10 que funcionaba en el modo doble - combustible tenía más bajas emisiones de gases de NOx, CO2 y PM, y más altas emisiones de gases de CO y NMHC que el motor de D de C-10.
- El motor de DFNG de C-10 tenía emisiones de gases de NOx y NMHC más altas (combinado) que el D de C-10 en la conducción de los ciclos de manejo del EPA UDDC del Organismo de Protección Ambiental y del WVU CBD. El motor de DFNG de C-10 tenía emisiones de gases de NOx y NMHC (combinado) más bajas que el D de C-10 para el ciclo de manejo del estado federal 55 MPH firme.
- El motor de DFNG de C-10 hizo una demostración de uno más grande que el D de C-10 en una reducción de porcentajes en emisiones de gases de NOx en el ciclo de manejo de 55 MPH regular - estado federal que en tanto en el UDDC del Organismo de Protección Ambiental como en los ciclos de manejo de CBD de WVU. Esto podría ser atribuible al motor de DFNG de C-10 que tendría emisiones de gases de NOx relativamente más bajas, o al D de C-10 teniendo emisiones de gases de NOx relativamente más altas (como era esperado si la computadora de motor de D de C-10 estuviera equipada con un dispositivo de derrota), cuando opera en el modo regular - estado.
- Cuando operar en el modo de diesel, el motor de DFNG de C-10 tenía emisiones de gases PM y NMHC más bajo que el motor de D de C-10. Emisiones de gases de NOx, CO2, y CO del DFNG de C-10 y D de C-10 eran similares cuando los motores fueron operados sobre diesel.

Recomendaciones

- Emisiones de gases adicionales a las que la prueba puede ser justificada:
 - verificar las diferencias en emisiones de gases de NMHC entre el DFNG de C-10 y D de C-10.
 - comparar emisiones de gases de NOx del DFNG de C-10 con los de un motor de D de C-10 que no está equipado con un dispositivo de derrota.
 - verificar que el DFNG de C-10, cuando operar en el modo de diesel, tenga más baja emisiones de gases de NMHC y PM que el D de C-10.
 - Caterpillar debe mejorar y refinar el motor de DFNG de C-10 que opera con computadora para incrementar la proporción de sustitución de CNG en conjunto, bajo las típicas condiciones de conducir.
 - Las diferencias de costos de operación entre el DFNG de C-10 y el D de C-10 (por ejemplo., Costo para la conversión doble - combustible, el combustible, el trabajo de aprovisionamiento de combustible, el seguro, y las reparaciones de motor y mantenimiento) pueden variar enormemente dependiendo de la aplicación de la flota. Las diferencias de costos entre el DFNG de C-10 y D de C-10 deben ser valoradas en el detalle para cada solicitud específica.
 - La vigilancia en curso del operador de vehículo puede ser necesitada si el uso de CNG máximo es deseado. Por otra parte, el poder disponible cuando el motor de DFNG de C-10 es usado en el modo diesel -solo debe ser reducido para maximizar el incentivo para que los operadores de vehículo usen CNG constantemente.
 - Una estación de CNG de copia de seguridad debe estar disponible para asegurar el uso de CNG máximo.
 - Si el motor de DFNG de C-10 es usado para propósitos de atenuante de emisiones de gases (por ejemplo., Para generar ERCs), las emisiones que los distritos deben considerar requiriendo que los motores de DFNG de C-10 pasen por la prueba de emisiones de gases
-



regular para verificar cualquier de las suposiciones que hicieron las reducciones y los aumentos de NMHC y CO sobre NOx y PM. La prueba de emisiones de gases debe especificar las emisiones de gases de hidrocarburo para identificar la parte non- metano / non- etano de los gases de escape.

APENDICE A

Especificaciones de autobús detalladas

Especificaciones generales del vehículo.

Calcomanías ID	Uncido código alfa numérico para cada vehiculo.	Aire 11	Aire 12	Aire 13	Aire 14
Identificación del vehiculo.	Numero identificador del vehiculo.	1M8PDMVA6_WPO50429	1M8PDMVA6_WPO50430	1M8PDMVA6_WPO50431	1M8PDMVA6_WPO50432
Marca del vehiculo	Nombre de fabrica del vehiculo.	1729	1730	1731	1732
Modelo del vehiculo	Numero de modelo del tractor.	MCI			
Año del vehiculo	Año en que el vehiculo fue fabricado.	1997			
Fecha de servicio	Fecha en que el vehiculo fue puesto en	1997			
Conteo de millas	Servicio millas que el vehiculo recorrió en la primera demostración estándar.	1/19/98			
Códigos activos	Tipo de códigos activos que el vehiculo maneja	2856			
Códigos de categoría del equipo	Tipo de equipamiento opcional utilizado en el vehiculo.				
código del cuerpo de manufactura del equipo	Nombre del cuerpo de manufactura	MCI			
código de cuerpo descrito	Tipo del cuerpo relaciona con la cabina				
Serie del motor.	Numero de serie del motor	2PNO6582	2PNO6563	2PNO6580	2PNO6570

Especificación del autobús continúa.

Tabla del sistema de combustible.

Modelo del tanque	Tanque de combustible alternativo	A1508436
Numero de tanques	Numero de tanques de combustible alternativo	4
Numero de tanques de diesel	Numero de tanques de diesel	1



APENDICE 1

Conteo de combustible disponible	de	Uso total y alternativo en los tanques	182 Galones
Unidades de combustible alternativas	de	Las unidades que se usan se miden totalmente en galones	U:S galones
código del tipo de combustible	de	¿Que tipo de maquina fue diseñada por quien?	CNG Diesel
Aditivos de diesel		Tipo de aditivos utilizados por el combustible diesel.	ninguno
Aditivos mejorados para combustibles		Tipo de aditivos utilizados para combustibles alternativos	ninguno
Mecanismos electrónicos		Para el combustible liquido son los inyectores y son controlados electrónicamente	electrónico
Disponibilidad de diesel	de	Se dispone de la totalidad en el tanque	182 galones
Presión máxima de combustible	de	Presión máxima permisible de combustible alternativo	3600PSI.
Peso del tanque de combustible alternativo	de	Peso del tanque de combustible alternativo vacío	1384
Unidades de medición para el peso del tanque vacío	de	Son las unidades en las que se midió el peso del tanque	Libras
Marca de los inyectores	de	Nombre del fabricante de los inyectores de combustible liquido	Caterpillar
Modelo de inyector		Numero de modelo del inyector de combustible liquido	116-5414
Numero de inyectores de combustible liquido		Numero de inyecciones de combustible liquido	6
Filtro de combustible liquido		Nombre del fabricante del filtro de combustible liquido	Caterpillar
Modelo del filtro de combustible liquido		Numero del filtro de combustible liquido	1Ro749
Inducción de combustible	de	Para motores de combustibles gaseosos la inyección se hace por fumigación	inyección
Entra aire en marcha baja o crucero NO		Se hace que entre aire en marcha bajo de el motor	no
Fabricante del tanque de diesel		Nombre del fabricante del tanque de diesel	MCI
Modelo del tanque de diesel		Cual es el modelo del tanque de combustible	9L-6-108
Peso del tanque de combustible		Peso del tanque combustible vacío	80
Unidades que se van a utilizar para definir el peso del tanque		Unidades utilizadas para definir el peso del tanque	libra
Equipo de gas		El equipo de gas tiene sistema de retorno	Si tiene sistema de retorno.



Especificaciones de autobús continúa.

Tabla de transmisión

Transmisión MTr	Nombre del fabricante de la transmisión	Allison
Numero de modelo de la transmisión	Numero de modelo	B-500 world
Año de fabricación	Año de manufactura	1997
Tipo y código de la transmisión	Tipo de transmisión(código 7 par VMRSH)	
Velocidades hacia adelante	Numero de velocidades hacia el frente	6
Velocidades traseras	Velocidades hacia atrás	1

Tipo del eje

código de el eje	Configuración de tipo de eje(código 3 Para VMRSH)	
Peso del eje frontal	Peso del eje frontal	14000
Medida de las llantas frontales	Medida de la llanta frontal	12R22.5
Medida de la llanta trasera	Medida de la llanta trasera	12S22.5
código de fabricación del eje	Nombre del distribuidor de las piezas que se manejan cuando se construyo el eje	Rockwell
Modelo del eje	Numero del modelo del eje que se maneja	61143HX205
Configuración del código del eje trasero	Configuración del eje trasero	
Códigos de inscripción del eje trasero	Inscripción para la configuración del eje trasero	
Radio menor del eje	Radio del eje bajo	ninguno
Radio del eje mayor	Radio de el eje mayor	4:56:1
Peso del vehiculo	Peso total del vehiculo en libras	46000
Peso total a la curva del vehiculo	Peso total a la curva en la que el vehiculo esta configurado	48000
Radio del convertidor de torque	Radio convertidor de torque	n/a

TABLA de emisiones

Convertidor catalítico	Tiene este vehiculo convertidor catalítico	no
Nombre del fabricante del convertidor catalítico	Nombre del fabricante del convertidor catalítico	no
Modelo del conv. Catal.	modelo	no
trampa de partículas para el diesel	¿Se tiene?	no
Fabricante del atrapa partículas	Nombre del fabricante del atrapa partículas	no
Modelo del atrapa partículas	Numero de modelo del atrapa partículas	no
Tipo del regenerador de partículas	Tipo del proceso del regenerador de partículas	no



Configuración del atrapa partículas	Configuración del dispositivo	no
Numero de elementos del atrapa partículas	Definir el numero de elementos del atrapa partículas	
Peso del sistema atrapa partículas	Peso del sistema que atrapa las partículas	no

APENDICE B:

Autobús datos operativos detallados

AUTOBUS 11 COMBUSTIBLE DUAL

mes	Registro De dato	Horas motor	Combustible Dual horas	Millas del viaje	Gas natural	diesel	Total diesel
Febrero	3/2/98	45.1	23.8	2792	149.7	37.0	281.1
Marzo	4/1/98	82.5	55.7	2702	358.7	55.9	189.5
Abril	5/4/98	88.1	61.3	2853	404.1	61.4	209.8
Mayo	6/1/98	74.0	50.2	2419	339	49.7	218
Junio	7/1/98	79	44.8	2596	286.2	44.7	231.6
julio	7/31/98	74.1	45.6	2437	272.5	46.3	17.4
Agosto	9/2/98	83.1	4.7	2533	21.4	4.6	400.4
Septiembre	10/1/98	71.6	28.3	2494	192.6	29.6	415.5
Octubre	11/2/98	79.5	58.2	2757	398.1	61.6	182.5
Noviembre	12/2/98	72.0	34.6	2227	215.0	34.6	325.8
Diciembre	12/31/98	93.0	41.1	3018	273.6	44.4	274.3
enero	1/29/99	66.8	44.1	2831	279.9	46.0	178.5
total		909.1	492.4	31704	3191	515.8	3085.4

AUTOBUS 12 DIESEL

mes	Registro De dato	Horas motor	Combustible. Dual horas	Millas del viaje	Gas natural	diesel	Total diesel
Febrero	3/2/98	NA	NA	2059	NA	NA	442
Marzo	4/1/98	NA	NA	2622	NA	NA	374.6
Abril	5/4/98	NA	NA	2534	NA	NA	499
Mayo	6/1/98	NA	NA	2179	NA	NA	349.6
Junio	7/1/98	NA	NA	2506	NA	NA	445
julio	7/31/98	NA	NA	2374	NA	NA	430.3
Agosto	9/2/98	NA	NA	2805	NA	NA	438.6
Septiembre	10/1/98	NA	NA	2273	NA	NA	377.9
Octubre	11/2/98	NA	NA	2679	NA	NA	379.5



APENDICE 1

Noviembre	12/2/98	NA	NA	2335	NA	NA	295
Diciembre	12/31/98	NA	NA	2503	NA	NA	448.8
enero	1/29/99	NA	NA	574	NA	NA	99.7
total				27443			4508

1. esta información fue descargada directamente desde la computadora del C-10 DFNG.

2. esta información se basa en los registros de carga del operador

AUTOBUS 13 COMBUSTIBLE DUAL

mes	Registro De dato	Horas motor	Combustible. Dual horas	Millas del viaje	Gas natural	diesel	Total diesel
Febrero	3/2/98	41.5	29.3	2364	170.6	41.3	345
Marzo	4/1/98	79.8	58.7	2995	393.8	58	99.3
Abril	5/4/98	77.7	55.9	2775	407.1	56.3	198.2
Mayo	6/1/98	68.9	47.1	2525	342.8	48.1	99
Junio	7/1/98	53.8	6.0	2864	20.8	5.3	310.5
julio	7/31/98	79.2	19.0	2753	126.2	18.8	423.6
Agosto	9/2/98	83.6	44.4	3022	311.4	44.1	222.5
Septiembre	10/1/98	75.5	36.2	2632	262.2	38.9	260.8
Octubre	11/2/98	86.9	65.2	2975	469.5	69.1	90.4
Noviembre	12/2/98	72.0	32.1	2208	211	30.6	240
Diciembre	12/31/98	78.1	49.9	3250	214	33.4	200.8
enero	1/29/99	69.4	39.2	2238	262.1	41.4	176.1
total		866.6	483	32600	3191.5	485.5	2666.9

AUTOBUS 14 COMBUSTIBLE DUAL

mes	Registro De dato	Horas motor	Combustible. Dual horas	Millas del viaje	Gas natural	diesel	Total diesel
Febrero	3/1/ 98	45.1	13.5	2267	77.5	21	391
Marzo	4/1/ 98	80.8	43.6	2696	278.0	39.7	111.0
Abril	5/4/ 98	81.5	59.2	2690	377.9	60	89.7
Mayo	6/1/ 98	70.0	49.7	2273	302.1	48.4	219.0
Junio	7/1/ 98	83.3	47.7	2642	306.0	46.2	207.1
julio	7/31/ 98	77.4	44.8	2521	281.6	42.4	193.5
Agosto	9/2/ 98	84.0	64.1	2739	398.4	60.3	112.0
Septiembre	10/1/ 98	73.5	49.6	2390	309.9	48.2	159.0
Octubre	11/2/ 98	84.3	63.4	2727	381.1	62.0	164.4
Noviembre	12/1/ 98						182.0
Diciembre	12/31/ 98	153.7	85.0	4988	487.5	81.6	191.0
enero	1/29/ 99	73.3	46.4	1991	236.5	42.9	73.9
total		906.9	567.0	29924	3436.6	552.7	2093.6



APENDICE C:
Resultados de pruebas de emisiones de gases.



Sumario para probar emisiones fácilmente.

Condado de los Ángeles Autoridad del transporte metropolitano.

Prueba descrita abajo.
 Carga de el camino modelo numero 57
 Definición del vehiculo local: Clean air express 12
 Tipo de motor: caterpillar c-10
 Tipo de vehiculo: Mcl 45ft, 55 pasajeros
 Prueba de inercia 38555 lb. (34280 taras +1/2 paso de carga)
 Millas de motor: 30276 millas
 Descripción de proyecto: Comisión de energía de California.

TEST DATA EPA UDDC SCHEDULE "D"

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)
T01955	.565	3.59	19.90	2018.46	.3684	5.02	nm

TEST DATA CYCLE: WEST VIRGINIA UNIV. CBD

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)
T01957	1.14	3.96	22.30	2559.99	0.4702	3.96	Nm
T01958	1.81	4.05	22.59	2587.98	0.4994	3.92	Nm
T01959	1.241	4.09	22.34	2565.93	0.5083	3.95	Nm
media	1.189	4.03	22.41	2571.20	0.4896	3.94	
Desv. std	0.05	0.07	0.16	14.80	0.02	0.02	

TEST DATA CYCLE STEADY STATE:

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)
T01960	0.0014	.0044	0.41	2.05	0.00018	3.94	
T01961	.00336	0.91	14.50	987.04	0.1181	0.02	

Comentarios: la prueba: T 01 es la prueba de carga en el motor y se mide en gramos segundo.



Sumario para probar emisiones fácilmente.

Condado de los Ángeles Autoridad del transporte metropolitano.

Prueba descrita abajo.

Carga de el camino modelo numero 57

Definición del vehiculo local: Clean air express 13

Tipo de motor: caterpillar c-10

Tipo de vehiculo: Mcl 45ft, 55 pasajeros

Prueba de inercia 38555 lb. (34280 taras +1/2 paso de carga)

Millas de motor: 034,556 millas

Descripción de proyecto: Comisión de energía de California.

Datos de la prueba EPPA cedula D

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T011964	63.552	29.11	12.78	1638.02	0.1042	5.40	57.374	12.075

Datos de la prueba del ciclo: Universidad de virginia del este CBD

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMCH
T011966	91.940	44.15	15.25	2222.16	0.1761	3.94	67.276	14.325
T011967	84.206	41.67	15.21	2192.14	0.1767	4.03	62.709	13.327
T011968	89.346	43.14	15.16	2183.59	0.1728	4.01	67.512	14.322
Media	88.497	42.99	15.21	2199.30	0.1755	3.99	65.83	13.99
Desv. std	3.94	1.25	0.05	20.26	0.00	0.05	2.71	0.58

Datos de la prueba en estado estable

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01969	0.0013	0.0059	0.026	1.96	0.00016	Na	Nm	Nm
T01970	17.128	7.92	5.06	828.26	0.0442	11.37	nm	Nm.

Comentarios: la prueba: T 01 es la prueba de carga en el motor y se mide en gramos segundo.



Sumario para probar emisiones fácilmente.

Condado de los Ángeles Autoridad del transporte metropolitano.

Prueba descrita abajo.

Carga de el camino modelo numero 57
 Definición del vehiculo local: Clean air express 13
 Tipo de motor: caterpillar c-10
 Tipo de vehiculo: Mcl 45ft, 55 pasajeros
 Prueba de inercia 38555 lb. (34280 taras +1/2 paso de carga)
 Millas de motor: 034,556 millas
 Descripción de proyecto: Comisión de energía de California.

Datos de la prueba EPPA cedula D

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01972	0.449	3.55	19.32	1997.84	0.2034	5.07	nm	nm

Datos de la prueba del ciclo: Universidad de virginia del este CBD

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMCH
T01974	0.979	4.02	22.31	2518.64	0.3193	4.02	Nm	Nm
T01975	0.994	3.93	21.98	2488.14	0.3310	4.07	Nm	Nm
T01976	1.013	3.98	22.15	2487.75	0.3326	4.07	Nm	Nm
media	0.995	3.98	22.15	2498.18	0.3276	4.05		
Desv. std	0.02	0.05	0.17	17.72	0.01	0.03		



Sumario para probar emisiones fácilmente.

Condado de los Ángeles Autoridad del transporte metropolitano.

Prueba descrita abajo.

Carga de el camino modelo numero 57

Definición del vehiculo local: Clean air express 14

Tipo de motor: caterpillar c-10

Tipo de vehiculo: Mcl 45ft, 55 pasajeros

Prueba de inercia 38555 lb. (34280 taras +1/2 paso de carga)

Millas de motor: 032,598millas

Descripción de proyecto: Comisión de energía de California.

Datos de la prueba EPPA cedula D

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01990	43.906	24.96	14.58	1642.59	0.1568	5.59	40.588	8.646

Datos de la prueba del ciclo: Universidad de virginia del este CBD

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMCH
T01994	63.213	36.08	17.33	2226.56	0.2389	4.10	43.42	9.296
T01995	54.994	34.32	17.63	2224.82	0.2394	4.15	41.976	9.033
T01996	52.173	32.79	17.58	2218.65	0.2372	4.18	38.493	8.357
media	56.793	34.40	17.51	2223.34	0.2385	4.14	41.30	8.90
Desv. std	5.74	1.65	0.16	4.16	0.00	0.04	2.53	0.48

Datos de la prueba en estado estable

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01991	0.0021	0.0058	0.026	1.93	0.00031	Na	0.0013	0.00078
T01992	10.128	5.43	6.64	837.56	0.0635	11.58	9.171	2.017



Sumario para probar emisiones fácilmente.

Condado de los Ángeles Autoridad del transporte metropolitano.

Prueba descrita abajo.

Carga de el camino modelo numero 57

Definición del vehiculo local: Clean air express 14

Tipo de motor: caterpillar c-10

Tipo de vehiculo: Mcl 45ft, 55 pasajeros

Prueba de inercia 38555 lb. (34280 taras +1/2 paso de carga)

Millas de motor: 032,598millas

Descripción de proyecto: Comisión de energía de California.

Fecha de prueba: 1/26/99

Datos de la prueba EPPA cedula D

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01981	0.498	3.77	19.29	1992.51	0.2233	5.09	Nm	Nm

Datos de la prueba del ciclo: Universidad de virginia del este CBD

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMCH
T01983	0.994	4.05	22.74	2503.11	0.3494	4.05	Nm	Nm
T01984	1.023	4.03	23.13	2525.59	0.3428	4.01	Nm	Nm
T01985	1.015	3.97	23.07	2514.02	0.3599	4.03	Nm	Nm
media	1.011	4.02	22.98	2514.24	0.3507	4.03	nm	nm
Desv. std	0.01	0.04	0.21	11.24	0.01	0.02		

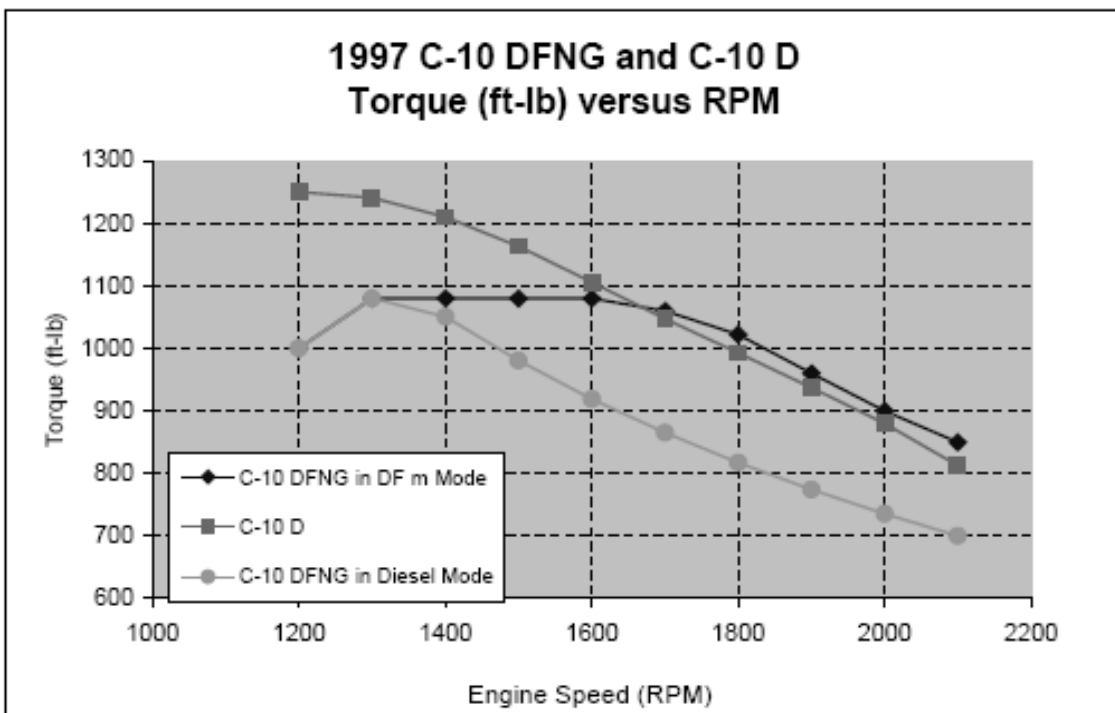
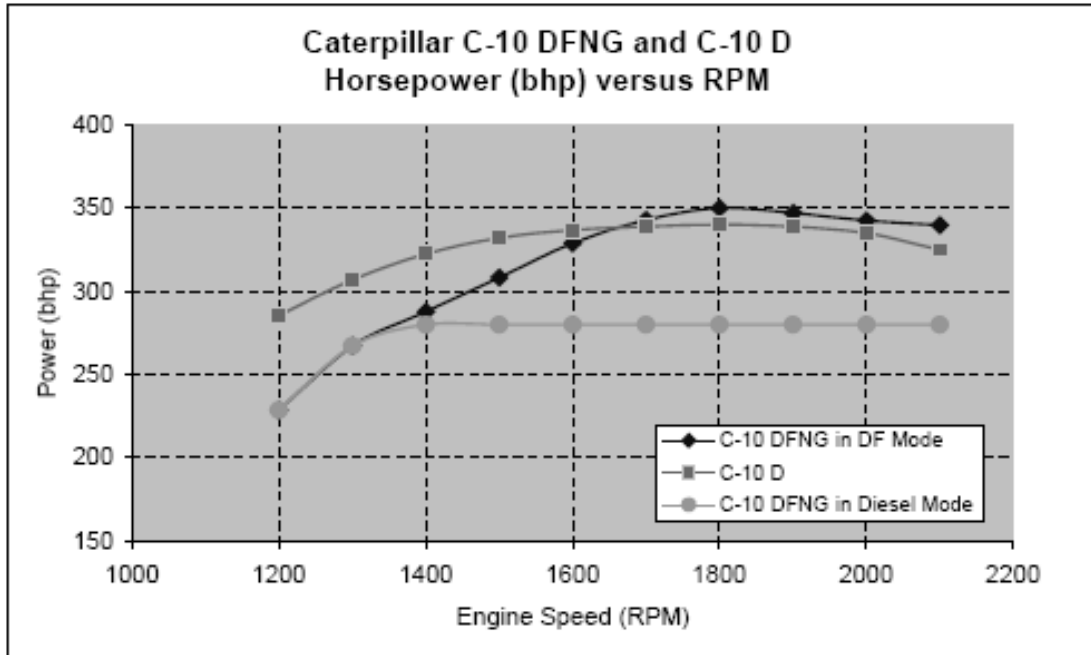
Datos de la prueba en estado estable

Prueba Id	Thc	cp (gr/mill)	nox (gr/mill)	Co2 (gr/mill)	pm (gr/mill)	economía	Ch4 (gr/mill)	NMHC
T01986	0.0013	0.0046	0.041	2.33	0.00021	Na	Nm	Nm
T01987	0.292	0.93	13.79	974.61	0.1015	10.41	nm	nm



APENDICE D:

DFNG DE C-10 DE CATERPILLAR Y D CLASIFICACION DE RENDIMIENTOS





APENDICE E:

ANÁLISIS DE DIFERENCIAL DE COSTOS.

GASTOS VERDADEROS DURANTE EL PERÍODO DE DEMOSTRACIÓN

Costos de capital anualizados

Los gastos de conversión doble - combustible fueron amortizados por la vida esperada de los motores (12 años). Estos gastos de conversión son representativos de mejorar un vehículo equipado con D de C-10 a la operación doble - combustible: si el motor tiene que ser retirado y reemplazado con un motor de D de C-10 antes de la conversión, gastos de conversión totales serían considerablemente más altos. La fórmula de amortización usa un factor de recuperación de capital que refleja el valor de tiempo de las reservas usado para la conversión. Esta metodología es compatible con lo recomendado por CARB para el programa Carl Moyer.

Costo de capital anualizado (ACC) para el DFNG de C-10 (ACC) (\$/año) = CC * CRF

Cuando: CC = Gastos de conversión = \$45,000/bus
CRF = Gastos de recuperación de capital = $[(1 + i)^n * i] / [(1 + i)^n - 1]$
 i = Tasa de interés = 3%
 n = Vida de proyecto = 12

Entonces: ACC = \$45,000 * 0.10 = \$4,500
C-10 D ACC = \$0

Gastos de combustible

El costo medio de combustible de CNG durante la demostración de 12 meses era \$0.90 / DEG (precio al por menor); el costo para diesel era \$0.80 / DEG (precio al por mayor). Usar el uso de CNG 56 % medio en realidad consiguió que el costo "Mezclado" de CNG en esta demostración, y diesel usado en el motor de DFNG de C-10 fuera de \$0.856 / DEG.

C-10 DFNG costos de combustible = 30,000 millas/año/5.34 millas/DEG * \$0.856/DEG
= \$4,810
C-10 D costos de combustible = 30,000 millas/año/6.00 millas/DEG * \$0.80/DEG
= \$4,000

Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible

Suposiciones

- Un autobús doble - combustible requiere 30 minutos (el costo de un conductor es de \$20 / h) para cargar combustible el autobús con tanto diesel como combustible de CNG (\$10 / lleno). Esto incluye el tiempo de conducir a las estaciones del diesel y de CNG. Aunque los autobuses doble - combustible obtienen menos combustible por llenado que el autobús de diesel, el tiempo de llenado fue supuesto a ser lo mismo porque los autobuses doble - combustible tuvieron que obtener tanto diesel como CNG, y la estación de CNG estaba más lejos que la estación de diesel.
- Para el bus de combustible doble, los tanques de CNG y los de diesel son cargados con combustible cuando los tanques de CNG están al 80 % de vacío, y la proporción de sustitución de CNG para el diesel es 56 % (el máximo de capacidad es de 48 DEG para el CNG: cada uno obtiene 38 de DEG de llenado para el doble - combustible (80 % de 48) y 31 DEG de diesel).



APENDICE 1

- El conductor necesita llenar un autobús de diesel (\$10 / llenado) 30 minutos en un rango de \$20 / h. Esto incluye el tiempo de conducir a la estación de diesel.
- El tanque de diesel es llenado cuando el tanque esta al 80 % de vacío (182 de capacidad máximo DEG: 80 % de DEG de 182 = 146).

C-10 DFNG Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = (DFL/CNG-D/llenado) * (millas/año/MPG_{DF})

Cuando:

DFL = Costo de trabajo de combustible doble = \$10/llenado

CNG-D/llenado = DEG/llenado para el motor DFNG = 38 DEG CNG + 31 DEG diesel (a una proporción de 56% CNG) = 69 DEG total

Millas/año = 30,000 millas/año

MPG_{DF} = millas/DEG por motor de combustible doble = 5.34 millas/DEG

Entonces:

C-10 DFNG Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = (\$10/llenado/69 DEG/llenado) * (30,000 millas/año/5.34 millas/DEG) = \$814

C-10 D Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = (DL/D/llenado) * (millas/año/MPG_D)

Cuando:

DL = Costo de trabajo de combustible doble = \$10/llenado

D/llenado = DEG/llenado para motor de diesel = 182 * 0.8 = 146 DEG

Millas/año = 30,000 millas/años

MPG_D = millas/DEG por motor diesel = 6.0 millas/DEG

Entonces:

C-10 D Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = (\$10/llenado/146 DEG/llenado) / (30,000 millas/año/6.0 millas/DEG) = \$342

Gastos de seguro

Las siguientes citas de seguro fueron obtenidas de la compañía de seguros de Lancer:

Deducible	Costo
\$10,000	0.006 * Valor asegurado
\$ 5,000	0.012 * Valor asegurado
\$ 1,000	0.015 * Valor asegurado

Usar el valor dado para una franquicia de \$10,000:

C-10 DFNG Coste de seguro de autobús = \$395,000 * 0.06 = \$2,370

C-10 D Coste de seguro de autobús = \$350,000 * 0.06 = \$2,100



APENDICE 1

Mantenimiento - sistema de CNG

Los gastos para mantener actualizado el CNG fueron proveídos por Caterpillar y son incluidos en este apéndice. Los gastos fueron calculados para un ciclo de 150,000 millas incluyendo todos los costos de mantenimiento que se presentaron.

Millas de autobús	Descripción del servicio	Cargo
15,000	15,000- Servicio de milla	\$110
30,000	15,000- Servicio de milla	\$110
45,000	45,000- Servicio de milla	\$155
60,000	15,000- Servicio de milla	\$110
75,000	15,000- Servicio de milla	\$110
90,000	45,000- Servicio de milla	\$155
105,000	15,000- Servicio de milla	\$110
120,000	15,000- Servicio de milla	\$110
135,000	45,000- Servicio de milla	\$155
150,000	150,000- Servicio de milla	\$165
	Costo total por 150,000 millas =	\$1,490
	Prorrateó el costo para 30,000 millas =	\$298

No hay ningún gasto para el motor de D de C-10.

Gastos de reparación

Los arreglos sobre el motor de DFNG de C-10 fueron calculados a ser iguales a los del motor de D de C-10.

Gastos de mantenimiento - cambios de aceite

Los cambios de aceite para el motor de DFNG de C-10 fueron supuestos a ser necesarios cada 15,000 millas, contra 7,500 milla para el D de C-10. El costo de cada cambio de aceite fue calculado por el operador de expreso aéreo limpio a ser aproximadamente \$100. Por lo tanto:

$$\text{C-10 DFNG Gastos de cambio de aceite} = 30,000 \text{ millas/año} / 15,000 \text{ millas/cambio} * \$100/\text{cambio} \\ = \$200$$

$$\text{C-10 DFNG Gastos de cambio de aceite} = 30,000 \text{ millas/año} / 7,500 \text{ millas/cambio} * \$100/\text{cambio} \\ = \$400$$

PROYECTO DE GASTOS USANDO PRECIOS DE DIESEL DE VENTA AL POR MENOR Y UNA ESTACIÓN DE CNG EN SITIO**Gastos de combustible**

El costo de venta al por menor medio por galón de combustible diesel para la región de la Costa Este fue calculado en \$1.10. 1 basado en sobre las discusiones con el Sr. Ron Smith (compañía de Gas del Sur de California), un "Estadio de béisbol" es la estimación de costos razonables para producir CNG en un centro de CNG en sitio para una flota propietario -poseedor fue calculado en aproximadamente \$0.75 / DEG. Este precio incluye gastos de capital para el equipo, gastos eléctricos para la operación del compresor, gastos de gas natural de gasoducto, y gastos de estación de mantenimiento. Los gastos verdaderos pueden ser más altos o más bajos que este cálculo aproximado dependiendo del CNG, que



APENDICE 1

caudal de proceso y transferencia, gastos del servicio público, y tipo de estación que se compró. Suponiendo que la tecnología de Caterpillar puede ser refinada a proporciones de sustitución de CNG a un 80 %, el costo "Mezclado" de CNG y el diesel para el motor de C - 10DFNG sería de \$0.80 / DEG ($0.2 * \$1.10/\text{DEG} + 0.8 * \$0.74/\text{DEG}$).

C-10 DFNG Gastos de combustible = $30,000 \text{ millas/año} / 5.34 \text{ millas/DEG} * \$0.80/\text{DEG}$
= \$4,494

C-10 D Gastos de combustible = $30,000 \text{ millas/año} / 6 \text{ millas/ DEG} * \$1.10/\text{DEG}$
= \$5,500

Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible

Suposiciones

- Para un autobús doble - combustible, el aprovisionamiento de combustible de CNG tiene lugar en toda la noche ("Tiempo satisfacer") donde los vehículos son aparcados toda la noche (i.e..., No hay costo de trabajo relacionado con el aprovisionamiento de combustible de CNG). El aprovisionamiento de combustible de diesel para el autobús doble - combustible toma 30 minutos en un rango de \$20 / h (i.e..., \$10 / llenado). Esto incluye el tiempo de conducir hacia y desde la estación de diesel.
- El diesel tiene que ser obtenido menos a menudo para el autobús doble - combustible porque el bus continúa una combinación de CNG y diesel. La proporción de sustitución de CNG para diesel es 80 %.
- El conductor necesita llenar un autobús de diesel (\$10 / llenado) 30 minutos en uno rango de \$20 / h. Esto incluye el tiempo de conducir hacia y desde la estación de diesel.
- El diesel al que los tanques en camión diesel y autobuses doble - combustible son cargados de combustible totalmente lleno siempre que están 80 % vacío (máximo. DEG de capacidad 182; 80% de 182 DEG = 146 DEG).

C-10 DFNG Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = $(\text{DFL} / \text{D/llenado}) * (\text{millas/año}/\text{MPG}_{\text{DF}})$

Cuando:

DFL = Costo de trabajo de combustible doble = \$10/llenado

D/llenado = llenado efectivo de DEG para el motor DFNG = 146 DEG diesel + 584 DEG CNG
= 730 DEG (proporción de 80% CNG)

Millas/año = 30,000 millas/año

MPG_{D} = millas/DEG Para el motor doble - combustible = 5.34 millas/DEG

Entonces:

C-10 DFNG Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = $(\$10/\text{llenado} / 730 \text{ DEG/llenado}) * (30,000 \text{ millas/año} / 5.34 \text{ millas/DEG}) = \77

C-10 D Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = $(\text{DL} / \text{D/llenado}) * (\text{millas/año} / \text{MPG}_{\text{D}})$

Cuando:

DL = Coste de trabajo de combustible diesel = \$10/llenado

D/llenado = DEG/llenado para motor diesel = $182 * 0.8 = 146 \text{ DEG}$

Millas/año = 30,000 millas/año

MPG_{D} = millas/DEG para motor diesel = 6.0 millas/DEG



Entonces:

C-10 D Costos de mano de obra de aprovisionamiento de combustible = $(\$10/\text{llenado} / 146 \text{ DEG}/\text{llenado}) / (30,000 \text{ millas}/\text{año}/6.0 \text{ millas}/\text{DEG}) = \342

Dual-Fuel Motor – C-10 Motor (CNG Only)

(Módulo de dirección de combustible de modelo más temprano)

Intervalos de mantenimiento y precio de los servicios.

Intervalo recomendado de servicio	Lista de precios sugerida
Cada 10000 millas Drenar coladeras de los filtros	Por el fabricante.
Cada 15000 millas Reemplazar sellos de los filtros Inspeccionar las líneas de gas natural	\$110 Parte # 3000072 Requiere una hora de labor (\$70/h)
Cada 45000 millas Reemplazar sellos de los filtros Inspeccionar las líneas de gas natural	\$155 Parte # 3000072 Parte # 902112-1 (1/2" línea tamaño) Requiere una hora de labor (\$70/h)
Cada 150000 millas limpiar los inyectores de gas natural Reemplace sellos de los inyectores de los filtros Inspeccionar las líneas de gas natural	\$365 Parte # 3000072 Requiere 4 horas de labor (\$70/h)



Página de documentación del reporte

El reporte publico de esta información se elaboro considerando principalmente los promedios, que se obtuvieron de manipular los equipos por alrededor de 1 hora, incluyendo el tiempo para revisar instrucciones, y la búsqueda de datos precedentes. Manteniendo y supervisando la necesidad de datos, y completando y revisando el complemento de la información, así como la búsqueda de información que complemente y refuerce lo antes citado.

La completa información, incluidas las sugerencias para reducir el trabajo, favor de enviarlas al cuartel general en Washington, favor de buscar el directorio de información en operaciones y reportes, < David Higway, suite 1204, Arlington VA 22202-4302 >o en la oficina de el director de la revista Budget, proyecto de trabajo de oficina (D704-o188), Washington, DC 20503.

1.- Para uso exclusive de la agencia., dejar en blanco

2.- fecha de el trabajo: ENERO 2000

3.- Tipo de reporte y datos cubiertos: Subcontrato de reporte

4.- Titulo y subtítulo : demostración de caterpillar para motores de ciclo dual en autobuses comunitarios

5.- Numero de fundición : C_ACI-6-15702-01 TA : FU 913410

6.- Autorizo (CEC) comisión de energía de California, control de la contaminación de el aire de el condado de santa bárbara.

7.- Nombres organizados y direcciones:

CEC 1516.9 th call Sacramento. CA. 95841. distrito del control de la contaminación de Santa Bárbara, castlian num.26, B-3, Goleta.CA. 93117

8.- Mejoramiento de la organización



APENDICE 1

9.-Agencia responsable de monitoreo y evaluación: Laboratorio de la energía natural renovable; Bulevar Cole 1617 Golden CO.80401-3393
10.- Numero del reporte de la agencia de monitoreo: NREL/SR-540-26758
11.- Notas suplementarias: NREL: Monitoreo Técnico. Por Paul Norton
12a.- Estatuto de disponibilidad de distribución. Servicio nacional de información técnica. US departamento de comercio, Carretera al puerto Royal 5285. Springfield, VA 22161
12b.- Código de distribución: 1504
13.- Abstracción. Máximo (200 palabras): El propósito de este programa fue demostrar que el motor de ciclo dual gas diesel, es un motor de buen funcionamiento en la aplicación de los autobuses urbanos. Tres nuevos motores industriales en entrenamiento (MCI) 102 dI3 para autobús equipados con un motor caterpillar C-10 de combustible dual gas diesel; y un autobús que funciona con solo diesel como combustible de consumo, pero que es operado de manera muy similar al los otros tres en recorrido y desgaste además de servicio. El periodo de demostración duro doce meses de (febrero de 1998 a enero de 1999) los autobuses fueron usados por parte de Clean Aire Express< Aire Limpio Expreso> En el programa de autobús comunitario del condado de Santa Bárbara, CA. La mejora y realización de los autobuses se realizo y se obtuvo como resultado que los autobuses funcionaron de manera similar pero el resultado en las emisiones fue sorprendente.
14.- Términos subjetivos: Motores de combustible dual, Motores Caterpillar, Programa de autobuses comunitarios de Clean Air Express< aire limpio expreso>, vehiculo de combustible alternativa, emisión de combustible de vehiculo de combustible alternativo.
15 .- Numero de paginas
16.- Código de precio
17.- Clasificación de seguridad del reporte: No Clasificado
18.- Clasificación de seguridad de esta pagina: No clasificada.



APENDICE 2



XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002

MEDICIÓN DE EMISIONES A VEHÍCULOS RECOLECTORES DE BASURA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Christopher S. Weaver(*)

Engine, Fuel, and Emissions Engineering, Inc.

Presidente de Engine, Fuel, and Emissions Engineering Inc, con más de 20 años de experiencia en consultoría internacional en temas de calidad del aire, combustibles y emisiones de fuentes móviles. A través de diversos proyectos con el Banco Mundial y otros organismos internacionales, ha logrado fincarse una reputación como uno de los expertos más reconocidos en cuanto a evaluación de emisiones vehiculares.

Marco Balam-Almanza

Engine, Fuel, and Emissions Engineering, Inc.

Ing. Diana Noriega

Gobierno del Distrito Federal

Ing. René Rodríguez

Instituto Mexicano del Petróleo

Larry Petty

Engine, Fuel, and Emissions Engineering, Inc.

Dirección del autor principal (*): 9812 Old Winery Place, Suite 22, Sacramento, CA, 95827, USA.
Tel.: +1(916)368-4770 – Fax: +1(916)362-2579. e-mail: cweaver@efee.com

RESUMEN

Este trabajo describe la medición de emisiones de escape a camiones de recolección de basura con uso de combustible a gas natural comprimido (GNC) y duales (gas natural/diesel). Las mediciones de escape se realizaron en condiciones normales de operación simulando recorridos de recolección de basura en la zona norte de la Ciudad de México. Para la realización de dichas pruebas se utilizó el Muestreador de Emisiones Portátil RAVEM, desarrollado por EF&EE.

Los contaminantes medidos fueron: material particulado, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y bióxido de carbono. Las mediciones se llevaron a cabo instantáneamente en tiempo real, así como en forma promedio, integrando los datos al final del ciclo de manejo.

Para el desarrollo de las pruebas en condiciones similares a las de operación normal del vehículo, fue necesario desarrollar dos ciclos de manejo. El primer ciclo, fue diseñado para representar la operación del vehículo a velocidades normales dentro de la ciudad y refleja los traslados del vehículo recolector de basura a la estación de transferencia de basura, y los talleres de depósito final. El segundo ciclo se diseñó pensando en las condiciones de continuo “paro/arranque” durante la recolección de basura.

En total se muestrearon 8 vehículos, todos propiedad del Gobierno de la Ciudad de México: 2 dedicados a GNC y 6 duales. Adicionalmente, los vehículos duales fueron muestreados funcionando solo con diesel, o con la opción dual (diesel y GNC). En total se efectuaron 57 pruebas a dichos vehículos en el transcurso de dos semanas.

Este proyecto fue realizado para el Gobierno de la Ciudad de México, por medio del Instituto Mexicano del Petróleo, y financiado por el Fideicomiso Ambiental de la Comisión Ambiental Metropolitana.

Palabras Clave: Emisiones vehiculares, altitud, diesel, CNG, duales.



INTRODUCCIÓN

La alta contaminación del aire en la Ciudad de México, con sus consecuentes daños a la salud, ha obligado a sus autoridades a buscar alternativas para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera sin reducir en lo posible, las posibilidades de crecimiento económico que la población requiere. En ese sentido, los vehículos pesados con uso de combustible diesel y que son partícipes de gran actividad económica, juegan un papel importante al ser una de las fuentes más importantes de emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado, este último asociado a ser particularmente nocivo a la salud.

Una alternativa para disminuir la contaminación - de entre muchas otras llevadas a cabo en la ciudad-, ha sido la introducción de vehículos que funcionen con los llamados combustibles alternativos, que contaminan considerablemente menos que los vehículos a diesel.

En ese esfuerzo, el Gobierno de la Ciudad de México está en el proceso de renovación de su flota de vehículos, y ha adquirido 500 unidades de las llamadas “duales” (operación con diesel y gas natural comprimido). Los vehículos son para uso de transporte público y recolección de basura.

El presente proyecto evalúa y compara las emisiones de algunas de esas unidades –en particular de los vehículos recolectores de basura–, para así comprobar su efectividad en reducción de emisiones. Por tanto *Engine, Fuel, and Emissions Engineering* (EF&EE) fue contratada por el *Instituto Mexicano del Petróleo* (IMP) para llevar a cabo la evaluación de emisiones en ruta a vehículos recolectores de basura.

Es importante señalar que el proyecto fue realizado para el Gobierno de la Ciudad de México y financiado con fondos del Fideicomiso Ambiental de la Comisión Ambiental Metropolitana.

Para la medición de emisiones hubo de evaluarse diferentes métodos. En ese sentido, las alternativas existentes para la medición de vehículos pesados en uso son limitadas. Tradicionalmente se utiliza un dinamómetro de chasis para vehículos pesados. Sin embargo no existe en México un laboratorio que cuente con estos equipos, además de que su costo es prohibitivo y las emisiones medidas no reflejan necesariamente las emisiones durante la operación del vehículo. También se pudo haber utilizado un dinamómetro de banco de motor (disponible en Pachuca, a una altitud diferente a la de la Ciudad de México). Sin embargo para el uso de este instrumento es necesario desmontar el motor de cada uno de los vehículos, lo que resultaría en un proyecto muy largo, costoso, y nuevamente, las emisiones medidas no serían necesariamente las mismas que las emitidas durante la operación normal del vehículo.

Una tercer alternativa, bastante nueva, es el uso del sistema RAVEM (*Ride-Along Vehicle Emissions Measurement*). Este sistema, diseñado y patentado por EF&EE, es un sistema portátil que permite la medición de emisiones de escape de vehículos mientras el vehículo opera de manera normal en la calle, en el área de trabajo, o hasta en el mar, sin necesidad de un laboratorio de emisiones con dinamómetro. El RAVEM ha sido diseñado para viajar a bordo del vehículo, mientras mide la masa de emisiones de NO_x, CO, CO₂ y partículas, provenientes del escape. El RAVEM opera bajo el principio de muestreo de volumen constante (*constant volume sampling CVS*), al extraer y diluir una muestra proporcional del flujo del escape.

Adicionalmente, el costo es muy reducido considerándolo con cualquiera de las otras alternativas. Su principal desventaja es que es difícil repetir las pruebas exactamente, por los efectos del tráfico, conductor, etc. Sin embargo, dada la gran cantidad de variables (inclusive con los resultados de emisiones de cualquiera de las otras opciones), los resultados obtenidos con el RAVEM son más que aceptables.

Por tanto, para evaluar las emisiones a los vehículos recolectores de basura se llevaron a cabo mediciones de emisiones de escape utilizando el RAVEM. Estas mediciones fueron realizadas en condiciones normales de operación, simulando recorridos de los vehículos en la Ciudad de México. El muestreo de emisiones tuvo como centro de operaciones las instalaciones del IMP en la Ciudad de México.



MEDICIÓN DE EMISIONES

Plan de Muestreo y Selección de Vehículos

Se acordó entre los representantes de EF&EE, el IMP, y el GDF un plan de trabajo para medir emisiones a tres grupos de vehículos recolectores de basura:

1. camiones MAN con motores MAN dedicados a gas natural con motor estoquiométrico y convertidor catalítico de tres vías;
2. camiones DINA equipados con motores Caterpillar, de combustible dual (gas natural y diesel), que también podrán operar exclusivamente con diesel a potencia reducida; y
3. camiones Freightliner equipados con los mismos motores Caterpillar.

Se estableció como objetivo la medición de emisiones a dos ejemplares de los camiones MAN, y de tres ejemplares de cada uno de los dos grupos restantes. Sin embargo solo fue posible conseguir dos vehículos DINA, el donde el faltante fue sustituido por un Freightliner. En total se realizaron 57 pruebas válidas a esos ocho (8) vehículos (ver Tabla 1).

Ciclos de Marcha

Se acordó diseñar y medir emisiones dentro de dos ciclos de marcha (Tabla 1). El primer ciclo, llamado “Ruta Ciudad”, consistió en conducir en forma común y corriente por una ruta definida en calles aledañas a las instalaciones del IMP en el norte de la Ciudad de México, simulando las condiciones normales de operación de los vehículos (sin carga de basura).

La Ruta Ciudad fue elegida con base en estudios realizados con anterioridad por el IMP. Los estudios muestran que a pesar de la gran variabilidad entre las rutas existentes en la Ciudad de México, el tramo recorrido sobre Eje 4 Norte se puede considerar como una ruta representativa de las condiciones de la zona norte de esta ciudad para vehículos ligeros. La filosofía de diseño de la ruta, fue que representa el recorrido del vehículo a velocidades relativamente altas presentes en el recorrido a la estación de transferencia y el guardado final en los talleres de la delegación al que el vehículo está asignado.

Esta ruta corre sobre el Eje 5 Norte comenzando en la esquina con Avenida Vallejo, y continuando hacia el entronque con Avenida Ceylán. Continúa sobre Ceylán hacia el sur y sube el puente sobre Avenida Azcapotzalco-La Villa, hasta cruzar Avenida de las Granjas, donde retorna a aproximadamente 50 mts. de haber cruzado esa avenida. Ahí se inicia el retorno al instituto nuevamente subiendo el puente de Avenida Azcapotzalco-La Villa, y finalmente siguiendo Eje 4 Norte. La prueba termina en la reja de la segunda entrada a proveedores del IMP, sobre la calle de Poniente 128. La Tabla 1 muestra datos aproximados de las rutas de manejo medidos desde un vehículo que seguía al camión recolector de basura, por lo que las velocidades promedio y máximas no necesariamente reflejan exactamente las experimentadas por los vehículos muestreados, especialmente en momentos de alta o baja densidad de tráfico. La duración de la prueba fue de aproximadamente 20 minutos de manejo continuo.

Tabla 1: Datos Aproximados de los Ciclos de Manejo.

Ciclo Ciudad	
Tiempo en ruta:	1216 segundos (aprox. 20 min.)
distancia recorrida:	6638.5 metros
Velocidad máxima:	56.29 km/hr
Velocidad promedio:	14.96 km/hr
Ciclo de Recolección de Basura	
Tiempo en ruta:	1656 segundos (aprox. 27 min, pero simula 1.5 horas incluso un hora con motor parado)
distancia recorrida:	1430.5 metros
Velocidad máxima:	29.2 km/hr
Velocidad promedio:	12.2 km/hr



APENDICE 2

El segundo ciclo de marcha se le llamó “Ciclo de Recolección de Basura” (ver Tabla 1, y fue diseñado para simular la operación del camión en condiciones de “paro/arranque” que están presentes en la recolección de basura. El ciclo consiste en circular dos veces consecutivas dentro de un circuito bien definido dentro de las instalaciones del IMP, a distancias de aproximadamente 100 metros. Durante el primer recorrido al circuito, se detiene al camión por cuatro minutos en cada una de las cuatro estaciones, con el motor en ralentí. Al completar el circuito, se opera el compactador. Durante el segundo recorrido al circuito, se detiene al camión nuevamente en cada una de las cuatro estaciones, pero en esta ocasión se apaga el motor por aproximadamente 10 segundos, y luego se procede a encender el motor. Este proceso se repite en cada una de las cuatro estaciones, hasta la cuarta donde nuevamente se opera el compactador antes de apagar finalmente el motor, y donde termina el ciclo de manejo. Como se puede notar, este ciclo simula también la práctica de apagar el motor cuando los operadores esperan que una parada definida para la recolección de basura durará mas que unos pocos minutos.

A pesar de que la duración de que el ciclo Recolección de Basura es de solo 27 minutos, en realidad simula la operación del vehículo en un lapso de aproximadamente 1.5 horas de recolección de basura. El dato anterior se obtiene considerando que en mitad de las paradas se apagan el motor y se mantiene apagado al menos unos 15 min. en vez de los 10 segundos como se practica en la prueba.

Programa de Pruebas

Para que los recolectores de basura lograran la temperatura normal de operación se acordó que se realizaría un ciclo de manejo Ciudad antes de empezar la prueba. Sin embargo, resultó que esta precaución no fue necesaria pues resulto suficiente el trayecto al punto inicial del ciclo ciudad para que el motor del vehículo lograra la temperatura normal de operación. También, se planeó medir cada vehículo dos veces en cada uno de los ciclos de marcha, es decir cuatro pruebas por vehículo. En el caso de los vehículos que utilizan combustibles duales, se planteó hacer las pruebas en ambos modos de operación: a gas natural con diesel, y solamente a diesel. Es decir, ocho pruebas en cada uno de los vehículos a combustibles duales. Este plan fue cumplido en gran medida. La Tabla 2 muestra el programa de mediciones, así como la delegación de pertenencia de los vehículos y sus conductores.

Tabla 2: Relación de vehículos y pruebas realizadas.

Fecha	No. de Pruebas	Vehículo	Veh. Modelo	Combustible	Ciclo de Manejo	Delegación de Pertenencia y Conductor
25 y 26 de abril	3	MAN-1	1999	GNC	Ciclo Ciudad	Deleg. Gustavo A. Madero
25 y 26 de abril	2			GNC	Recolección de Basura	/ Rafael Tellez Rojas
26 y 27 de abril	2	MAN-2	2000	GNC	Ciclo Ciudad	Deleg. Iztacalco
26 y 27 de abril	2			GNC	Recolección de Basura	/ Jesús Hdez. Tórtiz
28 de abril	2	DINA-1	1999	Dual	Ciclo Ciudad	Deleg. V. Carranza
28 de abril	2			Diesel	Ciclo Ciudad	/ Fermin Sánchez
28 de abril	2			Dual	Recolección de Basura	
28 de abril	2			Diesel	Recolección de Basura	
29 de abril	2	DINA-2	1999	Dual	Ciclo Ciudad	Deleg. Xochimilco
29 de abril	2			Diesel	Ciclo Ciudad	/ Mauricio Ortega Lozano
29 de abril	2			Dual	Recolección de Basura	
29 de abril	2			Diesel	Recolección de Basura	
30 de abril	2	FL-1 (MBenz)	1999	Dual	Ciclo Ciudad	Deleg. Gustavo A. Madero
30 de abril	2			Diesel	Ciclo Ciudad	/ Arnulfo Cruz Ruiz
30 de abril	1			Dual	Recolección de Basura	
30 de abril	1			Diesel	Recolección de Basura	
2 de mayo	2	FL-2 (MBenz)	1999	Dual	Ciclo Ciudad	Deleg. Alvaro Obregón
2 y 3 de mayo	3			Diesel	Ciclo Ciudad	/ Joel Saul Arvizu
3 de mayo	2			Diesel	Recolección de Basura	
3 de mayo	2			Dual	Recolección de Basura	
3 de mayo	3	FL-3 (MBenz)	1999	Dual	Ciclo Ciudad	Deleg. Benito Juárez
3 de mayo	2			Diesel	Ciclo Ciudad	/ Rubén Gudiño Mascorro
3 de mayo	2			Diesel	Recolección de Basura	
4 de mayo	2			Dual	Recolección de Basura	
4 de mayo	2	FL-4 (MBenz)	1999	Diesel	Ciclo Ciudad	Deleg. Gustavo A. Madero
4 de mayo	2			Dual	Ciclo Ciudad	/ Gil Garcia
4 de mayo	2			Dual	Recolección de Basura	/ Agustín Hernández
4 de mayo	2			Diesel	Recolección de Basura	
TOTAL	57					

Notas: 1) FL=Freighliner; 2) La tabla incluye solo las pruebas válidas.



APENDICE 2

Detalles de la Medición de Emisiones

La medición de emisiones al grupo de vehículos recolectores de basura se llevó a cabo entre el 25 de abril y el 4 de mayo del 2001, con el apoyo del personal del IMP. Cabe notar que su ayuda fue invaluable, sobre todo considerando el tiempo en la ciudad en esta época del año en donde todas las tardes llueve. Por tanto, algunas de las pruebas de emisiones se llevaron a cabo con lluvia ligera. En esos casos fue necesario cubrir al RAVEM con una lona para protegerlo.

Como ya se mencionó, se midieron emisiones a ocho vehículos, dos MAN dedicados a gas natural comprimido (GNC), y seis vehículos duales (GNC y diesel): dos DINA y cuatro Freightliner. Todos los vehículos duales contaban con motores Caterpillar con sistema de combustibles dual producido por el filial de Caterpillar, *Power Systems Associates* de EE.UU. (PSA). Durante la mayoría de las pruebas en los vehículos duales, se contó con la ayuda de los representantes técnicos de PSA/Caterpillar, quienes verificaron las condiciones de los motores y obtuvieron los datos sobre consumo de combustible (de diesel y de gas natural) grabados y almacenados por los sistemas de control electrónicos de los motores.

RESULTADOS

La Tabla 3 muestra las emisiones por vehículo por día, basadas en la cantidad de ciclos Ciudad y Recolección de Basura simulados, que fueron diseñados para este proyecto. Es decir, se estima que un día promedio de operación normal de un vehículo recolector de basura similar a los vehículos muestreados es el equivalente a 6 ciclos Ciudad de aproximadamente 20 min. cada uno, es decir 2 horas de manejo por la ciudad. Lo anterior debido a que se estima que un vehículo recolectaría basura dos veces, por lo que sería necesario cuatro viajes por la ciudad con rumbo y de regreso de la estación de transferencia, de aproximadamente 20 min. de duración cada uno, más 2 viajes más desde y hasta las instalaciones de estacionamiento de la delegación.

De la misma manera, el día normal de operación incluiría la recolección de basura, que en nuestra estimación equivaldría a 4 ciclos de Recolección de Basura. A pesar de que cada uno de estos ciclos tiene una duración de alrededor de 27 min. hay que recordar que aunque dentro del ciclo de manejo se apaga el vehículo por 10 segundos antes de continuar, en la práctica esto sería de al menos 15 minutos. Ya que cada ciclo Recolección de Basura incluye 8 paradas, multiplicadas por 4 ciclos, esto equivaldría a 32 puntos de recolección de basura, en condiciones de "paro/arranque", y con un total de 2 descargas en la estación de transferencia, como se explicó anteriormente.

Tabla 3: Estimación de emisiones diarias por camión en base a los resultados de la programa

	Emisiones en gramos por día			
	CO ₂	CO	NO _x	PM
Manejo en Ciudad				
MAN	4,344	17.99	19.86	0.10
Promedio Duales	3,000	21.64	37.87	0.87
Duales sin FL-3	2,940	20.01	32.70	0.83
Promedio Diesel	3,348	11.35	47.78	1.01
Recolección de Basura				
MAN	6,697	73.85	31.41	0.08
Promedio Duales	4,678	27.37	58.43	1.41
Duales sin FL-3	4,589	27.76	55.71	1.38
Promedio Diesel	4,943	13.09	73.33	1.13
Total Emisiones Diarias				
MAN	11,042	91.84	51.28	0.18
Promedio Duales	7,678	49.01	96.31	2.28
Duales sin FL-3	7,529	47.77	88.41	2.22
Promedio Diesel	8,291	24.44	121.11	2.15
Diferencia de emisiones diarias (%)				
MAN	33.2%	275.8%	-57.7%	-91.6%
Promedio Duales	-7.4%	100.5%	-20.5%	6.2%
Duales sin FL-3	-9.2%	95.5%	-27.0%	3.3%



EVALUACIÓN

Ciclo Ciudad

El Ciclo Ciudad puede ser considerado como razonablemente representativo del recorrido de camiones en un ambiente urbano, así como de camiones recolectores de basura cuando viajan de/a sus rutas de recolección. Bajo este ciclo, los camiones MAN consumieron alrededor de 70% más energía que los camiones con los motores Caterpillar operando solo con diesel. Esta diferencia se debe probablemente a la diferencia de tecnologías de combustión entre los motores diesel y los motores estoquiométricos de ciclo Otto, en los camiones MAN.

En la opción dual, los camiones con los motores Caterpillar consumieron alrededor de 4.7% más energía que en la opción solo diesel – o 1.9% más, si se excluyen del cálculo los resultados del vehículo FL-3. Parte de la diferencia se debe a la diferente capacidad de producción de potencia de los motores en las dos formas de operación. Es decir, en la opción solo diesel estos motores producen solo el 80% de potencia, comparados con la opción dual, y por esto se reduciría el consumo de energía. Dada una producción similar de potencia, la eficiencia de combustible en el modo dual probablemente sería similar o levemente menor a la del modo diesel. Ya que el GNC representó el 61% de energía consumida en el modo dual, los costos en combustible serían significativamente menores en este modo de operación. También, ya que el GNC contiene menos carbón por unidad de energía que el diesel, las emisiones de CO₂ en modo dual se redujeron en 13%.

Las emisiones de NO_x fueron más altas de lo esperado en todos los vehículos y opciones: solo diesel, duales y dedicados a GNC. En el caso de las pruebas con opción solo diesel, a pesar de que los motores habrían sido certificados a los estándares de emisión de los EE.UU. de 4.0 g/BHP-hr, las emisiones de NO_x promedio medidas durante el Ciclo Ciudad fueron alrededor de 8 g/BHP-hr. Estas emisiones variaron relativamente poco de vehículo a vehículo, lo que hace pensar que son el resultado del diseño básico del motor y su calibración, en vez de efectos de mantenimiento.

La explicación más probable de las altas emisiones de NO_x en la opción solo diesel es un cambio en el tiempo de inyección de combustible - debido a la altitud de la Ciudad de México y/u otros factores. En los EE.UU. ha sido común encontrar programas de software en motores controlados con electrónica, que avanzan el tiempo de inyección en condiciones de manejo no encontradas en los ciclos oficiales de manejo para evaluación de emisiones. Se estima que el uso rampante de estos “métodos alternativos de control de emisiones” (mejor conocidos como “*defeat devices*”) ha resultado en emisiones de NO_x mucho más altas que las estimadas en las proyecciones de inventarios de emisiones, por lo que hubo necesidad de un acuerdo legal (record en cuanto a multas se refiere) entre cinco productores de motores y el Gobierno de los EE.UU. con respecto de multas y daños por utilizar los “*defeat devices*”. Nosotros también hemos encontrado evidencia de estas prácticas en motores producidos fuera de EE.UU., basados en resultados de emisiones en dinámometro de chasis obtenidos en Suecia y Tailandia.

De la misma manera con la experiencia de otros países, no sería raro encontrar el uso generalizado de “*defeat devices*” en los motores para vehículos pesados a diesel en México también. En ese caso la presión barométrica es un factor común que activa los “*defeat devices*”. En nuestro programa de medición de emisiones, cualquier efecto sobre la presión barométrica pudo ser exacerbado por los filtros de aire excesivamente sucios en la mayoría de los vehículos, pues la restricción de flujo de aire debido al filtro sucio podría resultar en aún menor presión de aire en el múltiple de entrada.

Las emisiones en modo dual fueron también más altas de lo esperado. Las emisiones promedio de NO_x provenientes del vehículo FL-3 fueron aún mayores que en la opción solo diesel cuando el modo de manejo fue agresivo, pero fueron reducidas considerablemente durante manejo menos agresivo. En el caso de los otros cinco camiones duales las emisiones promedio de NO_x, durante el Ciclo Ciudad, fueron alrededor de 5.1 g/BHP-hr. Esto es 36% menos que las emisiones en opción solo diesel, pero aún así el doble de las emisiones a que estos motores fueron certificados. Los niveles de NO_x también variaron considerablemente de motor a motor, indicando que los efectos de mantenimiento posiblemente fueron un factor importante y significativo.

Parte de que las emisiones de NO_x en opción dual sean más altas de lo esperado puede ser debido a cambios en el tiempo de inyección del piloto de diesel – el mismo “*defeat device*” discutido arriba en relación a la operación solo



diesel. De acuerdo a *Power Systems* (los fabricantes del sistema de combustible dual), el ajuste por altitud del tiempo de inyección de combustible en la opción dual generalmente sigue al de la opción solo diesel. Esto tendría el efecto de incrementar considerablemente las emisiones de NO_x durante cargas ligeras o en ralentí, cuando el diesel cuenta respectivamente para la mayor parte o para 100% del combustible utilizado.

Cuando los motores operaban con cargas más pesadas, es posible que las variaciones en la relación aire/combustible durante el uso de GNC sean las que más afecten las emisiones de NO_x. El motor dual de *Power Systems* está diseñado para lograr bajas emisiones de NO_x al operar con una relación muy poco saturada de aire/combustible – es decir, con mezcla muy pobre. Sin embargo, la combinación de alta altitud y filtros de aire sucios en la mayoría de los vehículos reducirían el exceso de aire en los cilindros. A menos de que el motor estuviese programado para reducir la cantidad de gas natural en proporción a la cantidad de aire disponible, esto resultaría en una relación mas rica de aire/combustible, y por ende mayores emisiones de NO_x – especialmente cuando el motor esta operando a potencia máxima. El reducir la cantidad de combustible disponible reduciría la capacidad de potencia del vehículo, lo que influenciaría en una baja satisfacción del cliente, por lo que sería de esperarse que los fabricantes tratarían de evitar esa situación en lo posible. El hecho de que las emisiones de NO_x fueron mayores en el vehículo FL-3 (que tenía el filtro más sucio, inclusive con costras de material particulado), así como que las emisiones del mismo vehículo fueran mayores durante manejo agresivo, sugieren que una relación de aire/combustible mas rica juega una parte importante en relación al incremento de emisiones durante la operación en opción dual.

Las emisiones de NO_x del motor MAN también fueron más altas de lo esperado, promediando alrededor de 3.16 g/BHP-hr durante el Ciclo Ciudad. A pesar de que estas emisiones son mucho menores que las de los vehículos con motor Caterpillar, son todavía bastante altas comparadas con los niveles de emisiones de certificación para otros motores con motor ciclo Otto, especialmente cuando los motores están equipados con un convertidor catalítico de tres vías. Hay motores similares fabricados por Mack, Cummins y John Deere, dedicados a GNC y que operan con mezcla pobre, que han sido certificados a 2 g/BHR-hr o menos. También los motores duales Caterpillar han sido certificados a 2.5 g/BHP-hr. Los motores de gasolina con convertidor catalítico de tres vías son comúnmente certificados a niveles de NO_x menores de 0.5 g/BHP-hr, así como motores a gas natural utilizando la misma tecnología que logran menos de 0.2 g/BHP-hr. Los motivos por lo que los motores MAN tengan relativamente altas emisiones de NO_x no son claras, pero podrían estar relacionadas al control inadecuado de la relación aire/combustible durante condiciones transientes (cambio constante de velocidad y potencia).

Las emisiones de material particulado (PM) resultaron relativamente bajas para todos los motores y tecnologías. Estudios de emisiones de PM de vehículos en uso en flotas vehiculares en los EE.UU., con buen mantenimiento y muestreadas a nivel del mar, indican que - para motores certificados a la norma de 0.10 g/BHP-hr - las emisiones de PM promedio son alrededor de 0.22 g/BHP-hr. Tomando en cuenta la altitud de la Ciudad de México, así como prácticas de mantenimiento menos consistentes, se esperaría que las emisiones de PM promedio fuesen más altas que el promedio en EE.UU. Sin embargo, las emisiones de PM promedio de los motores Caterpillar en opción solo diesel fueron solo 0.17 g/BHP-hr. Tal como se esperaba, las emisiones en opción dual fueron menores que en opción solo diesel, promediando las primeras 0.13 g/BHP-hr. Los vehículos dedicados a GNC MAN resultaron con las menores emisiones de PM, promediando estas 0.016g/BHP-hr – es decir, en 93% menos que los de los motores Caterpillar a diesel.

Las bajas emisiones de PM de los motores Caterpillar en opción solo diesel podrían deberse a la misma causa de sus altas emisiones de NO_x. El avanzar el tiempo de inyección de combustible tiende a reducir las emisiones de PM, al mismo tiempo que las emisiones de NO_x se incrementan.

Ciclo Recolección de Basura

El Ciclo Recolección de Basura se caracteriza por largos periodos en ralentí, mezclados con operación muy ligera. Estas condiciones de manejo son las menos favorables para la operación de motores a gas natural. Debido a pérdidas introducidas por el estrangulador, los motores de ciclo Otto como los motores MAN tienden a exhibir un mayor consumo de combustible bajo esas condiciones. El consumo de combustible de los motores MAN fue 87% mayor que los motores Caterpillar en modo solo diesel. Sus emisiones de PM en este ciclo fueron muy bajas, pero los de NO_x fueron moderadamente altas, 3.56 g/BHP-hr.



Ya que los motores duales fueron programados para operar solo con diesel durante los periodos de operación en ralentí, el consumo de combustible durante este ciclo de manejo fue de 85% diesel y 15% de gas natural. A pesar del predominio de uso de diesel como combustible, las emisiones en opción dual fueron considerablemente diferentes que las emisiones en opción solo diesel. Las emisiones NO_x fueron 6.6 g/BHP-hr – es decir, 21% menos que en opción solo diesel - mientras que las emisiones de PM fueron 29% mayores. Esta diferencia podría ser debido a diferencias en el tiempo de inyección de combustible entre las dos opciones de operación. Si el tiempo de inyección de combustible en la opción dual fuese retardado, esto tendería a reducir las emisiones de NO_x, mientras que las emisiones de PM se incrementarían con relación a la operación en opción solo diesel.

Ciclos Combinados

En su operación diaria los vehículos recolectores de basura experimentan un manejo que es una combinación de los ciclos de manejo Ciudad y Recolección de Basura. Los vehículos MAN emitieron menos emisiones (pero más alto consumo de combustible) en ambos ciclos de manejo. En el caso de los motores Caterpillar, las emisiones de NO_x fueron menores en ambos ciclos de manejo, mientras que el consumo de combustible fue similar. Las emisiones de PM en opción dual fueron menores en el Ciclo Ciudad, pero mayores en el Ciclo Recolección de Basura. Basado en la combinación proporcional de ambos ciclos, se estima que las emisiones diarias de NO_x serían alrededor de 27% menores en opción dual, que en opción solo diesel, mientras que las emisiones de PM serían aproximadamente las mismas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las altas emisiones de NO_x medidas de los motores Caterpillar en opción solo diesel son preocupantes, pues sugieren que no solo estos motores, pero un número importante de otros motores nuevos comercializadas en México pudieran incorporar “*defeat devices*” (“dispositivos tramposos”), resultando en emisiones de NO_x muy elevadas para vehículos en uso. Si esto fuera cierto, los prospectos de reducir los niveles de ozono y particulados de nitrato en el ambiente de la ciudad podrían ser seriamente afectados. Por tanto es nuestra recomendación – de forma prioritaria - llevar a cabo mayores estudios para cuantificar el alcance y magnitud de este problema. Basados en este proyecto, el Gobierno o autoridades ambientales, podrían decidir en medidas para prevenir la venta de motores que incorporan estos dispositivos, y buscar la restitución y/o multas contra los fabricantes de motores involucrados, de manera similar a la demanda interpuesta en los EE.UU. en relación a los “*defeat devices*”.

Los camiones MAN dedicados a gas natural presentaron emisiones de NO_x y PM, sustancialmente menores que los vehículos en opciones diesel y duales, pero mayor consumo de combustible así como de emisiones de CO₂. Sin embargo, las emisiones de NO_x de estos motores fueron considerablemente mayores que las emisiones que se pudieran lograr con un motor estoquiométrico y catalizador de tres vías, y también mayores que las que deberían ser logradas con un buen motor dedicado con mezcla pobre. También es importante mencionar que el costo de los vehículos MAN es demasiado alto comparado con los camiones DINA y Freightliner, ambos con motores Caterpillar, además de que los vehículos MAN no parecerían haber sido bien aceptados por los usuarios. De hecho, uno de los dos vehículos MAN probados habría estado sin uso por más de 6 meses, mientras que el otro vehículo habría estado asignado a un programa especial de recolección de basura en escuelas, en donde recibía muy poco uso. Sin importar que tan bajas sean las emisiones, un vehículo que no es usado tendrá un impacto muy limitado en emisiones en general en la Ciudad.

Una vez que la oferta de GNC o GNL sea suficientemente amplia y confiable para permitir una demanda natural de camiones dedicados, las autoridades podrían considerar la compra de vehículos con motores dedicados a gas natural, estoquiométricos o de mezcla pobre, y calibrados específicamente para las condiciones y altura de la Ciudad de México. Dadas las diferencias entre los resultados de emisiones de certificación (vehículos nuevos) y de vehículos en uso observados en este programa, recomendamos ampliamente que se lleven a cabo pruebas y proyectos similares para cualquier tipo de motor antes de que se adquieran cantidades importantes.

Contrariamente a los camiones MAN, los DINA y los Freightliner –ambos equipados con los motores duales Caterpillar– se usan en la recolección diaria de basura. Al reemplazar a vehículos diesel antiguos con altas emisiones de PM, estos camiones sin lugar a dudas producen un efecto ambiental muy positivo. Sería deseable



llevar a cabo pruebas de emisiones a los vehículos antiguos a diesel para mejor cuantificar este beneficio, y así mejorar el inventario de emisiones de vehículos diesel.

A pesar de que los motores duales producen beneficios ambientales ahora, producirían mayores beneficios en términos de emisiones con algunas modificaciones en el software de control del motor. Específicamente, sugerimos que la Ciudad trabaje con el proveedor, *Power Systems*, para desarrollar una calibración optimizada para recolección de basura en las condiciones de la Ciudad de México. Esto incluiría los siguientes cambios en el software actual.

- Modificar el software para que cuando en ralentí, el motor opere con una mezcla de gas natural/diesel, en vez de solo diesel. *Power Systems* ha desarrollado y comercializado una calibración de “gas natural en ralentí” (*idle-on-gas*) para las aplicaciones de recolección de basura de su motor C10, y la misma filosofía puede aplicarse a los motores 3126 utilizados en los camiones en la Ciudad de México. Se anticipa que esta calibración reduciría dramáticamente las emisiones de NOx y PM en el Ciclo Recolección de Basura, con un beneficio menor también en los condiciones de manejo en la ciudad.
- Modificar el algoritmo de control de la relación aire/combustible para limitar la cantidad de gas natural inyectada, cuando la entrada de aire está restringida (por ejemplo por un filtro sucio), en vez de permitir que esa relación se enriquezca excesivamente. Con este cambio, un filtro sucio resultaría en una potencia reducida (obligando al operador a cambiar el filtro), en vez de resultar en emisiones más elevadas de NOx.
- Modificar el tiempo de inyección de combustible a niveles óptimos de emisiones, a la altura de la Ciudad de México, y eliminar los *defeat devices* (dispositivos tramosos).
- Investigar la disponibilidad de software de control para los motores Caterpillar en opción diesel solo que reduciría la problema de los *defeat devices* en este modo, y/u la voluntad de Caterpillar para desarrollar este software.

Adicional a estos cambios, recomendamos evaluar el posible uso de un convertidor catalítico de oxidación con los motores duales para reducir aún más la emisiones de PM, así como las emisiones de formaldehído y otros COV altamente reactivos que pueden producir.

Con estas modificaciones, anticipamos que las emisiones NOx de los motores duales serán comparables con las de un motor dedicado a gas natural. Las emisiones de PM serían mayores que las de un vehículo dedicado a gas natural, pero mucho menores que las de un vehículo solo a diesel. Las emisiones de los motores modificados deberán ser verificadas con programas de pruebas de emisiones similares a las llevadas a cabo en este programa. Estos resultados, así como los costos y otras características de los vehículos, podrían entonces ser comparadas con las de camiones nuevos con motores dedicados a gas natural, para así llegar a una conclusión con respecto de compras futuras de vehículos. Adicionalmente, una vez que el rendimiento de las emisiones de la nueva calibración sea verificado, los *chips* de software de los 500 vehículos duales en uso podrían, y deberían ser modificados de la misma manera, cumpliendo así con todo su potencial de reducción de emisiones.

Agradecimientos. –
Gobierno del Distrito Federal –
Instituto Mexicano del Petróleo -



BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

www.cleanairpower.com

Clean air power source pollution

cleanairpower.com/admin/pdf/Clean_Air_Power_Bye-laws_AofA_feb06.pdf

Santa Barbara Goleta Air pollution

www.cleanair.org/Air/clearTheAir.html

www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/mexico26/vi-022.pdf

Documentos proaire,

semarnat.gob.mx/.../Documents/PROAIRE_ZMVM_1995-2000.pdf

Contaminación ambiental .

monografias.com/trabajos34/.../contaminacion-ambiental.shtml

K-wz motor diesel.

www.k-wz.de/vmotor/dieselms.html

Ciclo del diésel - Wikipedia, la enciclopedia libre

es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_di%C3%A9sel

Ciclo del diésel - Wikipedia, la enciclopedia libre

www.k-wz.de/vmotor/dieselms.html

Notice on CAP 2004 Draft

www.sbcapcd.org/071501pn.htm

semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/...

semarnat.gob.mx/.../calidaddelaire/Documents/PROAIRE_TOLUCA.pdf

Medio ambiente : Volvo Trucks - America Latina

volvo.com/trucks/brazil-market/es-br/aboutus/Environment/in_brief.htm

Caterpillar: Home

www.cat.com/cda/layout?m=8703&x=7

Normas Oficiales Mexicanas Vigentes ordenadas por materia

semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/normasoficialesmexicanasvigentes...

Motor de combustión interna - Wikipedia, la enciclopedia libre

es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna -

El motor de combustión interna y su impacto ambiental ...

monografias.com/trabajos14/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml -

Propiedades y características de combustibles diesel y biodiesel (

www.fiagro.org.sv/archivos/0/997.pdf

Sistema EGR

www.mecanicavirtual.com

www.automecanico.com

BIBLIOGRAFIA

Manual del Ingeniero Mecánico
Marks, Ed. Mc Graw Hill
Tomo 1 Pag. 9-96 – 9-132

Química Ambiental
Colin Baird, Ed Reverté S.A.
Pag. 24-26, 144

Software:
SYS Manual Caterpillar
Motor 3126 B, Sistema de Inyección
