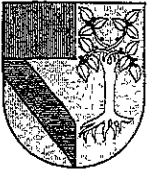


308917

1



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ANALISIS DEL PARQUE VEHICULAR DE LA CIUDAD DE MEXICO  
Y SU IMPACTO EN LA CONTAMINACION ATMOSFERICA**

**T R A B A J O**

QUE PRESENTA COMO TESIS

**JULIAN ARGUELLES NAME**

PARA OPTAR POR EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO GONZALEZ RUIZ

MEXICO D.F.

2000

254546



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.

## INDICE

	Página
<b>Introducción</b>	1
<b>El automóvil, las ciudades y la contaminación atmosférica</b>	
0.2 El motor de combustión interna	2
0.3 El control de los contaminantes atmosféricos de origen automotriz	12
<b>Capítulo 1</b>	13
<b>Sistemas de control de emisiones</b>	
1.1 Niveles tecnológicos de sistemas de control de emisiones en motores SI4t	13
1.2 Los niveles tecnológicos en motores CI	31
1.3 Los motores SI2t	34
<b>Capítulo 2</b>	35
<b>Medición y control de las emisiones vehiculares</b>	
2.1 Diferencia entre los vehículos nuevos y usados	35
2.2 Las pruebas de emisiones en vehículos nuevos	36
2.3 Las pruebas de emisiones a vehículos en circulación	41
<b>Capítulo 3</b>	59
<b>Normas y regulaciones sobre emisiones vehiculares</b>	
3.1 Antecedentes históricos	59
3.2 Procedimientos de prueba oficiales	62
<b>Capítulo 4</b>	75
<b>La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y las medidas para combatir la contaminación</b>	
4.1 Las condiciones de la ZMCM	75
4.2 Acciones para el control de la contaminación de origen automotriz	82
<b>Capítulo 5</b>	85
<b>El programa de verificación vehicular de la ZMCM</b>	
5.1 Antecedentes	85
5.2 Relación costo beneficio del programa	93
5.3 Escenarios para el futuro de los programas de inspección y mantenimiento	95
<b>Conclusión</b>	98
6.1 Proyectos actuales y futuros del gobierno de la ZMCM	101
6.2 Combustibles alternativos	102
6.3 El PIREC 108	
6.4 ¿Donde buscar la solución?	111
6.5 La tecnología disponible	111
6.6 Conclusiones	113
Bibliografía	118

## **Introducción**

### **0.1 El Automóvil, las Ciudades y la Contaminación Atmosférica.**

El automóvil ha estado con nosotros el suficiente tiempo para cambiar radicalmente nuestra forma de hacer ciudades y de vivir en ellas. El automóvil ha afectado profundamente a nuestra sociedad y junto con la electricidad, las obras civiles, las telecomunicaciones y el avance generalizado de la ciencia y la tecnología durante este siglo, ha permitido la existencia de las gigantescas metrópolis en las que habita una gran parte de la población del planeta.

El automóvil se ha convertido ya en una parte integral de la vida cotidiana de cualquier ciudad del mundo. La infraestructura y la distribución de las ciudades está diseñada o se ha adaptado para la utilización de automóviles. Una gran parte de la economía mundial está relacionada directa o indirectamente con la manufactura, comercialización, mantenimiento y reciclaje de los automóviles.

La contaminación en las ciudades no es un problema nuevo ni tiene sus orígenes únicamente en el motor de combustión interna. En el auge de la máquina del vapor, la contaminación provocada por el carbón en Londres llegó a ser un problema bastante grave. Incluso la tracción animal se convirtió en un problema de

gran magnitud a medida que las ciudades aumentaban de tamaño. A principios de siglo las calles de París recibían toneladas de estiércol diariamente. De hecho la llegada del automóvil permitió que las ciudades fueran lugares mucho más limpios que las ciudades de principios de siglo.

No es la intención de este trabajo llevar a cabo un análisis detallado de los motores de combustión interna, sino solamente de los sistemas y tecnologías de control de emisiones que estos motores incorporan, así como una evaluación de las medidas que han tomado diferentes ciudades alrededor del mundo, con problemas de contaminación críticos y especialmente, de las medidas que se han tomado recientemente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Por lo anterior se asume que el lector deberá contar con conocimientos mínimos de termodinámica, mecánica, química y tecnología automotriz.

## **0.2 El motor de combustión interna.**

El motor de combustión interna produce energía mecánica mediante la combustión de una mezcla de aire y combustible. Este tipo de motor es el que más éxito ha tenido en aplicaciones automotrices y se puede considerar para fines prácticos, que es el motor que utiliza cualquier vehículo autopropulsado actualmente, ya que otras tecnologías (como el motor eléctrico) aún no son representativas debido a su limitado número. Para el estudio de los problemas de

contaminación atmosférica conviene dividir a los motores de combustión interna en tres grupos principales.

- a) El motor de encendido por chispa de 4 tiempos
- b) El motor de encendido por chispa de 2 tiempos
- c) El motor de ciclo diesel de 2 ó 4 tiempos

A continuación se hará una breve descripción de los principios básicos de funcionamiento de cada uno de estos motores, además de enumerar sus principales ventajas y desventajas desde el punto de vista de la emisión de contaminantes.

### **0.2.1 El motor de encendido por chispa de 4 tiempos**

Aunque en los libros de texto se habla generalmente de motores de combustión interna como una categoría que incluye a los motores de ciclo Otto, de ciclo diesel y otros como el motor Wankel, es importante hacer notar que en la industria automotriz y en la normatividad que la rige se utiliza más comúnmente el nombre de motor de encendido por chispa de 4 tiempos para los motores de ciclo Otto, mientras que para los motores de ciclo diesel se utiliza el término de ignición

por compresión. En lo sucesivo se utilizará en este trabajo la abreviatura *SI4t* (encendido por chispa, por sus siglas en inglés "*Spark Ignition*" y 4t por ser de 4 tiempos)

El motor de encendido por chispa de 4 tiempos es el que actualmente predomina en los automóviles de uso particular y como tal, representa la fuente más importante de contaminantes atmosféricos de origen automotriz en la mayoría de las ciudades con problemas de contaminación atmosférica.

#### 0.2.1.1 Principio de funcionamiento del motor SI de 4 tiempos.

El funcionamiento de un motor *SI4t* se basa en un ciclo termodinámico abierto, esto quiere decir que el combustible y el aire son tomados del exterior y los productos de combustión son expulsados nuevamente al exterior sin ser reutilizados.

La energía química del combustible es transformada dentro del motor en energía mecánica mediante los cuatro siguientes procesos:

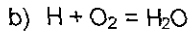
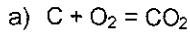
1. Admisión: la válvula (o válvulas) de admisión está abierta, la de escape cerrada y el pistón se mueve hacia abajo creando un vacío relativo que permite la entrada de la mezcla de aire-combustible.

2. **Compresión:** El pistón llega al punto más bajo de su recorrido (punto muerto inferior), se cierra la válvula de admisión y el pistón comienza a subir nuevamente comprimiendo la mezcla de aire combustible hasta llegar al punto más alto de su recorrido (punto muerto superior).
  
3. **Combustión o fuerza:** La bujía se enciende cuando la mezcla aire-combustible se encuentra comprimida y las válvulas están cerradas, la explosión resultante empuja al cilindro hacia abajo
  
4. **Escape.** Después de que el pistón llega nuevamente a punto muerto inferior, éste comienza a moverse nuevamente hacia arriba mientras que la válvula de escape permanece abierta, desplazando de esta forma los gases de escape hacia afuera del cilindro y permitiendo que se inicie nuevamente el ciclo de admisión.

Para lograr que estos cuatro procesos produzcan la energía mecánica necesaria para mover un automóvil, es necesario un armonioso y preciso funcionamiento de una serie de sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y de control. Es de la calidad de todos estos sistemas de la que dependen las prestaciones del motor y la cantidad de contaminantes tóxicos que éste emita



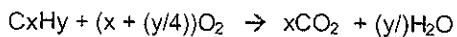
Las dos reacciones químicas más importantes que se llevan a cabo dentro del motor SI4t son las siguientes:



Es importante notar que la cantidad teórica de energía que se obtiene de la gasolina al quemarse, solamente depende de la cantidad de Carbono e Hidrógeno, que son los verdaderos combustibles que intervienen en el proceso.

La masa o volumen de aire (dependiendo del sistema de control de mezcla del motor) requerida para lograr una combustión completa, es una mezcla estequiométrica, una mezcla con aire insuficiente se conocerá como "rica" y una mezcla con exceso de aire se conocerá como "pobre".

La reacción de combustión estequiométrica ideal que se da entre los hidrocarburos y el oxígeno se puede escribir de la siguiente manera:



donde X y Y varían según la longitud de la cadena de cada hidrocarburo.

Generalmente, para simplificar, se asume que el resto del aire involucrado en la reacción es nitrógeno, el cual se puede agregar a la ecuación cuando se requiere obtener la composición de los gases de escape. En la mayoría de los motores SI4t se obtiene la máxima potencia con una mezcla rica y el máximo rendimiento de combustible con una mezcla pobre.

El diseño del motor tiene una influencia significativa sobre el control de emisiones. Los hidrocarburos no quemados se deben, en gran medida, a la condensación de la mezcla aire-gasolina en el múltiple de admisión y a zonas dentro de la cámara de combustión en las que la mezcla se condensa o no se logra quemar, como puede ser el espacio muerto entre la parte superior del pistón, la pared del cilindro y los anillos del pistón.

El avance tecnológico ha permitido que los motores SI4T sean cada vez más eficientes, logrando un desempeño alto con un bajo consumo de combustible y emisiones cada vez más bajas.

## 0.2.2 El motor de encendido por chispa de dos tiempos

El motor de dos tiempos es mecánica y termodinámicamente más eficiente que el de cuatro tiempos, el único factor que ha limitado su aplicación a las motocicletas y motores industriales pequeños es el hecho de que su sistema de lubricación requiere que el lubricante se mezcle con la gasolina, mientras que sus características de funcionamiento obligan a que una buena parte de la mezcla aire-combustible no se queme.

### 0.2.2.1 Principio de funcionamiento del motor de encendido por chispa de dos tiempos (SI2t)

Este motor desarrolla en solamente dos tiempos, el mismo trabajo que el motor de cuatro tiempos. Para lograr este ahorro se aprovecha la fuerza de la explosión que impulsa el pistón hacia abajo para empujar la nueva mezcla de aire combustible hacia la cámara de combustión eliminando así la necesidad de contar con válvulas y un árbol de levas. Los gases de combustión de la explosión anterior son forzados hacia afuera del motor por la nueva mezcla de aire combustible, lo que provoca que un volumen importante de la mezcla escape del motor sin quemarse. Al tener menos piezas móviles, este motor puede proporcionar una respuesta de aceleración más rápida que un motor SI4T, consume menos combustible y tiene mayor duración

En la simplicidad de estos motores encontramos también una de sus mayores desventajas, ya que al emitir una parte importante de la mezcla aire-combustible sin quemar, tienen emisiones contaminantes mucho mayores que las de un motor SI4t del mismo tamaño.

#### 0.2.2.2 Aplicación del motor SI2t

El motor SI2t encuentra su aplicación más importante en las motocicletas pequeñas de trabajo que frecuentemente son utilizadas en las ciudades como vehículos de mensajería o reparto de mercancías. El volumen de contaminantes emitido por los motores SI2t es muy pequeño en comparación con el que producen los motores SI4t debido a que la cantidad de los motores SI2t es mucho menor y a que su consumo de combustible es muy reducido

El motor SI2t requiere de un mantenimiento adecuado y de la utilización de lubricantes especiales para evitar que produzca nubes de humo azul o blanco. Aunque el impacto ambiental real de estos motores dentro de una ciudad grande es relativamente bajo si el número de motocicletas no es muy grande, el impacto visual y psicológico producido por las nubes de humo blanco ha causado que en muchos países se haya decidido limitar su uso a aplicaciones agrícolas o deportivas.

### 0.2.3 El motor de encendido por compresión o diesel

La principal diferencia entre el motor diesel (que en lo sucesivo llamaremos motor "CI" por las siglas en inglés "compression ignition" encendido por compresión) y el motor SI4t es la forma en que se enciende la mezcla de aire combustible. El motor SI4t utiliza una chispa, la cual es generada por su propio sistema de encendido que incluye una batería, bobina de encendido, distribuidor y bujías mientras que en el motor CI no encontramos tal sistema. El motor CI utiliza únicamente el calor de compresión para encender la mezcla aire-combustible. Este calor se logra con presiones muy altas y con relaciones de compresión del orden de 17:1.

Este tipo de motor se ha venido utilizando en motores de camiones, motores industriales, con mucho éxito debido a sus características de par de torsión y potencia, así como por el bajo costo del combustible diesel. El público en general tiende a culpar a los motores CI de ser los generadores de la mayor parte de los contaminantes atmosféricos. Esta creencia tiene sus orígenes en el humo visible y el olor característico que emite un motor CI al ser comparado con motores SI

En los motores CI es necesario obtener una atomización muy fina del combustible además de proporcionar la presión y el aire necesario para que se dé una adecuada combustión y por lo tanto la menor emisión posible de contaminantes.

#### 0.2.3.1 Principio de funcionamiento del motor de encendido por compresión de CI.

Existen motores CI de dos y cuatro tiempos. Su funcionamiento es muy similar al de los motores SI, con la excepción de que la inyección del combustible se lleva a cabo durante la carrera de compresión y se enciende una vez que se alcanza la máxima presión sin la intervención de ninguna chispa. Los factores que determinan la calidad de la combustión son el tiempo de inyección del combustible y la atomización del mismo. En general un motor CI tenderá a producir más partículas que un motor SI similar.

#### 0.2.3.2 Aplicación del motor CI

Aunque en México los motores CI se han utilizado tradicionalmente para camiones, en Europa un gran porcentaje de automóviles y camiones ligeros utilizan diesel como combustible y gracias a la tecnología actual logran obtener un rendimiento casi comparable con el de un motor similar a gasolina. La red de distribución local, la influencia del mercado automotriz de Estados Unidos y la

mala reputación del diesel hacen casi imposible su aplicación en México. Es necesario considerar a los motores CI de alta tecnología como una opción interesante para los automóviles particulares debido a su alto rendimiento de combustible y su durabilidad, así como su buen comportamiento en emisiones contaminantes.

### **0.3 El control de los contaminantes atmosféricos de origen automotriz**

Los gases resultantes de una combustión ideal teórica son únicamente el bióxido de carbono y el vapor de agua. Mientras más se logre controlar la combustión de un motor de CI, más se aproximará a la combustión ideal. En una combustión real de una mezcla de aire-combustible, los más importantes contaminantes atmosféricos son el monóxido de carbono, los hidrocarburos sin quemar, los óxidos de nitrógeno y el bióxido de carbono (cuyo efecto es global más que local).

Estos gases junto con las partículas suspendidas representan el más grande problema de contaminación atmosférica en las ciudades. El control adecuado de los vehículos y el combustible ya han permitido reducir considerablemente los niveles de contaminación atmosférica en varias ciudades del mundo.

## Capítulo 1

### Sistemas de Control de Emisiones

#### 1.1 Niveles tecnológicos de sistemas de control de emisiones en motores SI4t.

Es importante no caer en la tendencia actual que generaliza a todos los vehículos como igualmente responsables de los problemas atmosféricos de las ciudades.

Los diferentes niveles tecnológicos de sistemas de control de emisiones, están representados dentro del gran conjunto al que se denomina parque vehicular. Un vehículo con tecnología obsoleta y mal mantenimiento puede arrojar a la atmósfera más contaminantes que 100 vehículos con alta tecnología que se encuentran en buen estado.

Al clasificar las diferentes categorías de vehículos de acuerdo a sus niveles de control de emisiones, es importante considerar las emisiones de un vehículo nuevo y las de un vehículo en circulación. El comportamiento en emisiones de estas dos clases de vehículos está regido por la tecnología de los sistemas de control de emisiones y por la estabilidad, a largo plazo, de estos sistemas.



Tradicionalmente la normatividad hacía responsables a los fabricantes de automóviles únicamente por las emisiones de los vehículos nuevos, aunque el componente más importante de las mismas es generado por vehículos en circulación que dejan de cumplir con las especificaciones originales del fabricante. La dificultad de controlar el mantenimiento que recibe cada vehículo por parte de su propietario hace muy difícil el control de las emisiones a largo plazo. Solamente con la aplicación de dispositivos anticontaminantes controlados electrónicamente se ha hecho posible que el mismo vehículo aporte la información necesaria para un diagnóstico correcto, que permita llevar a cabo las reparaciones necesarias.

### **1.1.1 Control de emisiones en motores SI4t**

Como se mencionó en la introducción, en una combustión ideal teóricamente sólo se debería obtener vapor de agua y bióxido de carbono como producto. Desafortunadamente, la presión y la temperatura dentro de la cámara de combustión provocan la formación de los productos indeseables de la combustión como el monóxido de carbono, los hidrocarburos sin quemar y los óxidos de nitrógeno. La formación de estos gases es causada por la combustión incompleta de la mezcla aire-combustible. La forma de la cámara de combustión, el traslape de las válvulas de admisión y escape y otros factores, contribuyen a la eficiencia del cilindro y a la formación de los contaminantes

El monóxido de carbono se forma cuando el oxígeno para la combustión es insuficiente. En términos generales se puede aceptar que mientras más rica es la mezcla, la concentración de monóxido de carbono en los productos de combustión se incrementará. Aún si la mezcla es estequiométrica, la formación de monóxido de carbono nunca llega a cero, debido a que una mezcla perfecta del aire y el combustible es prácticamente imposible y porque la distribución de combustible a los cilindros no es perfecta (en motores con carburador o inyección central).

Los hidrocarburos sin quemar se forman cuando una parte del combustible no se consume, ya sea por una mezcla rica o por una mezcla lo suficientemente pobre para impedir la explosión. Otros factores que afectan la cantidad de hidrocarburos sin quemar son la alta compresión, el tiempo de encendido y el alto vacío en desaceleración.

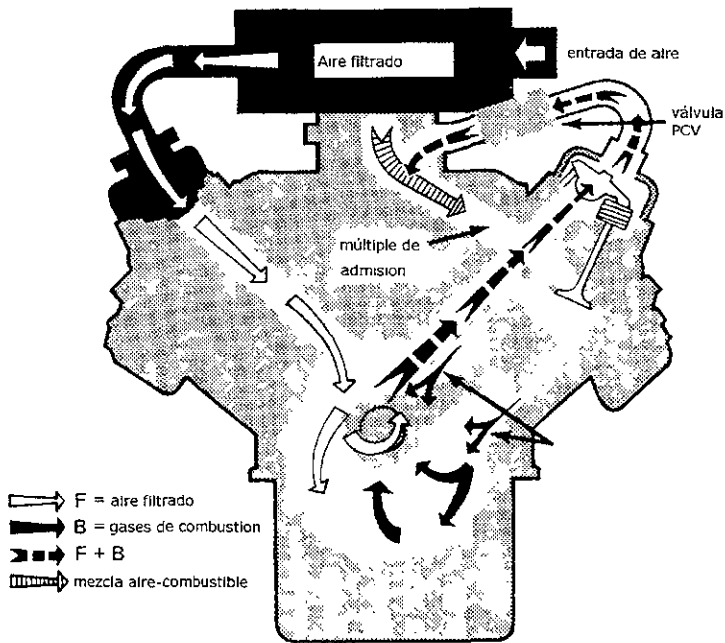
Desde 1959, cuando se introdujo el primer dispositivo de control de emisiones, hasta hoy, muchos sistemas de control de emisiones han sido introducidos gradualmente a medida que fueron apareciendo y evolucionando las normas y regulaciones de emisiones. Aunque la descripción de todas las mejoras en control de emisiones podría abarcar más de un libro por sí misma, en el presente trabajo se describirán brevemente los principales dispositivos de control de emisiones de forma que permitan establecer una clasificación de los vehículos de acuerdo a su tecnología.

Los motores actualmentes están controlados electrónicamente por lo que todos los dispositivos anticontaminantes son monitoreados y en algunos casos controlados mediante un microprocesador. De esta forma se puede diagnosticar cualquier componente del sistema de control de emisiones y mejorar su funcionamiento, obteniendo respuestas más rápidas y precisas que las que permitían obtener los sistemas de control únicamente neumáticos o mecánicos.

### **La ventilación positiva del cárter**

Las emisiones provenientes del cárter fueron las primeras en ser reguladas por la legislación y la industria automotriz ya que aproximadamente un tercio de las emisiones totales de un motor provienen de este punto.

Para 1968 el sistema de ventilación positiva del cárter era ya el método más común para controlar la ventilación del cárter en los vehículos vendidos en Estados Unidos



### Esquema del sistema PCV con la válvula PCV abierta

El sistema PCV extrae vapores de combustible del cárter, los cuales son generados por filtraciones de combustible sin quemar y gases de combustión que pasan a través de los anillos del pistón y llegan al cárter. El vacío del múltiple de admisión mueve aire fresco dentro del cárter; dicho aire fresco empuja hacia afuera del cárter los vapores de combustible sin quemar y los gases de

combustión que son inyectados nuevamente dentro del múltiple de admisión a través de la válvula PCV.

### **El precalentamiento del aire de admisión**

Este sistema fue concebido originalmente para prevenir la formación de hielo en los carburadores, aunque tiene un efecto importante en la reducción de los contaminantes

Mediante un termostato en la entrada de aire al filtro de aire y el calentamiento de aire mediante el calor del múltiple de escape, se busca mantener una temperatura de aire de admisión igual o superior a los 38° C durante el período posterior al arranque del motor. Dicha temperatura permite una mejor atomización del combustible y permite usar una mezcla relativamente pobre durante el calentamiento del motor, lo que a su vez reduce los niveles de HC y CO.

Este sistema ha sido superado en muchos casos por sistemas electrónicos que ajustan las condiciones de operación del motor a las temperaturas del aire y del combustible aún cuando éstas se encuentran por debajo de los límites de operación.

## **Sistemas de inyección de aire**

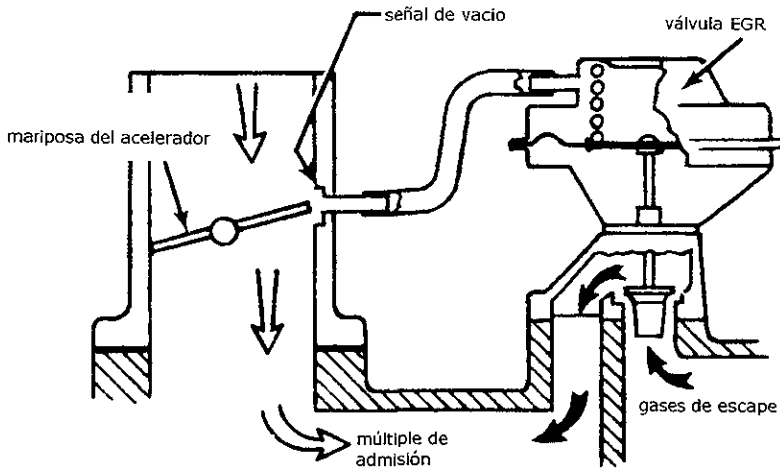
El sistema de inyección de aire secundario se comenzó a utilizar en los años 70 en vehículos equipados con convertidor catalítico (en los Estados Unidos). El sistema está integrado por una bomba de aire activada por una banda o mediante un motor eléctrico, tuberías y válvulas.

El objetivo del sistema de inyección de aire es proporcionar oxígeno a los gases de escape para permitir la oxidación de una parte de los hidrocarburos no quemados (especialmente durante el arranque en frío). En muchos casos el convertidor catalítico requiere también de una alimentación adicional de aire. En algunos casos el aire secundario se inyecta al múltiple de escape durante el calentamiento del motor y posteriormente se desvía hacia el convertidor catalítico

En algunos casos la bomba de aire es eléctrica y opera durante un breve periodo durante el calentamiento del motor. En estos sistemas, es un microprocesador el encargado de controlar el funcionamiento del sistema.

## El sistema de recirculación de gases de escape (EGR)

El sistema EGR (por sus siglas en inglés "Exhaust Gas Recirculation", recirculación de los gases de escape) retroalimenta una parte de los gases de escape al múltiple de admisión con el fin de reducir la formación de óxidos de nitrógeno.



Esquema del sistema EGR

El nitrógeno tiende a combinarse con el oxígeno a temperaturas cercanas a los 1120 ° C. Las temperaturas de combustión de un motor frecuentemente exceden esta temperatura. Para reducir las temperaturas dentro de la cámara de combustión el sistema EGR suministra gases de escape a la mezcla de aire

combustible logrando reducir la temperatura y la presión dentro de la cámara de combustión y por lo tanto la formación de óxidos de nitrógeno.

El sistema EGR original consistía en una simple válvula activada mediante un diafragma, controlado por el vacío del múltiple de admisión. Durante la marcha en vacío o ralenti, la aceleración a fondo o la desaceleración, la válvula EGR permanece cerrada para evitar una excesiva dilución de la mezcla de aire-combustible con los gases de escape.

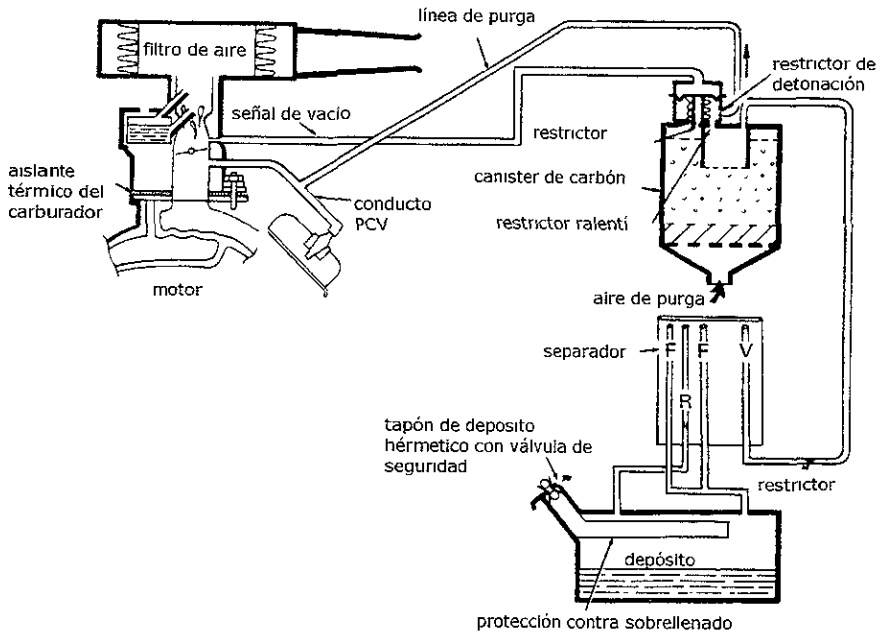
La válvula EGR ha evolucionado a partir de la válvula EGR de un solo diafragma pasando por la de doble diafragma, las de contrapresión negativa, positiva, controladas por solenoide, y finalmente las válvulas EGR lineales o digitales. Cada generación de válvula EGR ha permitido un mejor control del sistema y por lo tanto un mejor desempeño del motor tanto en emisiones como en manejabilidad y potencia.



## **El sistema de control de emisiones evaporativas**

Un importante porcentaje de los hidrocarburos no quemados que son lanzados a la atmósfera se evaporan directamente del combustible almacenado en el tanque de combustible y en los sistemas de suministro de combustible de los automóviles. Estos contaminantes se generan principalmente cuando el vehículo se encuentra estacionado y las condiciones climatológicas favorecen la evaporación del combustible.

El sistema de control de emisiones evaporativas reduce las emisiones de vapores de combustible que se liberan a la atmósfera. El sistema funciona mediante una red de tuberías que conducen los vapores de combustible desde el depósito y conductos que alimentan al motor hacia un depósito en el que se concentran mientras el motor se encuentra apagado; una vez que el motor arranca y está en condiciones de absorber los vapores restantes de combustible éstos son consumidos por el motor.



Esquema de sistema de control de emisiones evaporativas de primera generación

### El convertidor catalítico y el control electrónico de la mezcla

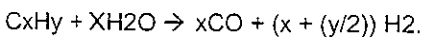
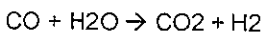
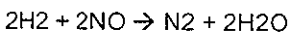
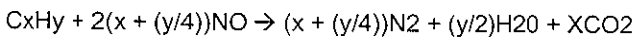
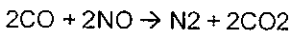
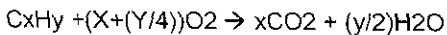
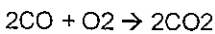
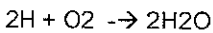
El convertidor catalítico ha sido uno de los pasos más importantes en el desarrollo de sistemas de control de emisiones en motores de combustión interna. El convertidor da tratamiento a los gases de escape al desencadenar diversas reacciones:

- De oxidación en los hidrocarburos y el monóxido de carbono

■ De reducción en el caso de los óxidos de nitrógeno

Inicialmente sólo se utilizaron convertidores de reducción los cuales eran conocidos como de 2 vías, ya que daban tratamiento a los hidrocarburos y al monóxido de carbono. Posteriormente se utilizaron también convertidores de tres vías que también reducían los óxidos de nitrógeno.

Los convertidores catalíticos utilizan metales preciosos (platino, paladio y rodio) como catalizadores de las siguientes reacciones:



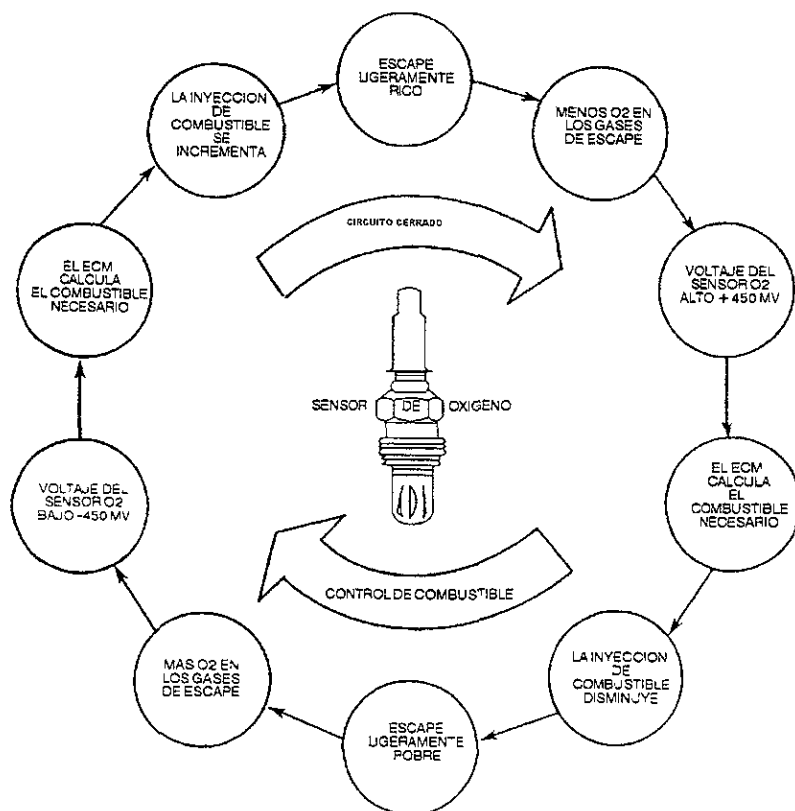
Los primeros convertidores catalíticos sólo llevaban a cabo las reacciones de oxidación. Estos convertidores originalmente estaban formados por pequeñas esferas recubiertas de los metales preciosos que desencadenaban las reacciones

de oxidación. Los convertidores catalíticos actuales están formados por un panel de cerámica con depósitos de metales preciosos.

Los convertidores catalíticos requieren de una mezcla estequiométrica para funcionar de manera óptima y tener una duración aceptable. Es por esto que en la mayoría de las aplicaciones de los convertidores catalíticos se utilizan en conjunto con sistemas de control de la mezcla por circuito cerrado mediante un sensor de oxígeno.

Los sistemas modernos de control de motores controlan la mezcla aire-combustible utilizando las lecturas de múltiples sensores como parámetros de control. Entre estas señales podemos mencionar las lecturas ambientales como presión, temperatura y flujo de aire de admisión, los índices de flujo de recirculación de gases de escape, los sensores de detonación y los sensores de oxígeno o sondas lambda.

La computadora encargada del control del motor cambia continuamente la mezcla aire-combustible entre una mezcla ligeramente rica y una mezcla ligeramente pobre, excepto bajo ciertas condiciones de operación del motor, como la aceleración a fondo o el arranque en frío. Durante el arranque en frío y la aceleración a fondo el motor opera en el modo de circuito abierto, en el cual no se regula la mezcla y se utiliza una mezcla rica.



En la figura anterior se puede observar un diagrama de flujo del circuito cerrado de control de emisiones. El ECM (Módulo de Control del Motor por sus siglas en inglés *Engine Control Module*), es la computadora encargada del control del sistema.

En el caso de la aceleración a fondo se utiliza la mezcla rica para mejorar el desempeño del motor a altas revoluciones y para proporcionar enfriamiento al convertidor catalítico.

Durante el arranque en frío se necesita una mezcla rica mientras el motor alcanza la temperatura necesaria para que el combustible se pueda atomizar con facilidad. También se requiere de este período de calentamiento para que el convertidor catalítico y el sensor o sensores de oxígeno alcancen sus respectivas temperaturas de trabajo y permitan iniciar el modo de operación en circuito cerrado. El circuito cerrado se llama así debido a que se controla la mezcla aire combustible mediante la retroalimentación de la señal del sensor de oxígeno a la computadora de control del motor.

### **Los Sistemas de Diagnóstico a Bordo**

El siguiente paso, después del desarrollo de los sistemas de control de la mezcla por circuito cerrado, fue el de el diagnóstico abordo o OBD (por sus siglas en inglés "On Board Diagnostics"). Los primeros sistemas OBD se comenzaron a utilizar a principios de la década de los 80 en los Estados Unidos. Originalmente el sistema OBD tenía la función de facilitar el diagnóstico de fallas en los vehículos sin que el control de emisiones fuera el objetivo principal. Los primeros sistemas OBD surgieron después de que se comenzaron a utilizar microprocesadores para el control de los motores. Los microprocesadores se hicieron necesarios debido a la aparición de los convertidores catalíticos y la necesidad de controlar la mezcla

aire-combustible con precisión. Entre otras ventajas importantes de las computadoras para el control del motor, se encontraba la de un mayor rendimiento de combustible y la facilidad de diagnóstico. Originalmente estos sistemas se usaron incluso en vehículos equipados con carburadores, en los que algunos de los parámetros de operación carburador podían ser controlados electrónicamente.

En 1988 el Estado de California requirió a todos los fabricantes de automóviles que instalaran sistemas OBD en sus vehículos con la finalidad de facilitar el diagnóstico y reparación de los sistemas relacionados con el control de emisiones. En esta etapa cada fabricante diseñaba sus propios sistemas, por lo que para el diagnóstico de vehículos de diferentes marcas era necesario contar con una gran cantidad de herramientas de diagnóstico. A esta generación de sistemas OBD se le llamo OBD I.

También en 1988 se establecieron los requisitos para la segunda generación de sistemas OBD; el OBD II. Uno de los puntos más importantes del OBD II es el establecimiento de una clavija de diagnóstico común para todas las marcas de vehículos, así como el uso de un protocolo de comunicación común para establecer el contacto entre la computadora del OBD II y la computadora de diagnóstico. De esta manera sería posible diagnosticar a cualquier vehículo con sistema OBD II con la misma herramienta de diagnóstico.

Con el OBD II también se establecieron requisitos más estrictos para el manejo y monitoreo del motor y de los sistemas de control de emisiones. Ahora la computadora de OBD II debe realizar activamente pruebas de diagnóstico en los sistemas de emisiones del vehículo y en cualquier sistema del motor o del tren de mando que pueda ocasionar un incremento en las emisiones

De esta manera el OBDII permite que los bajos niveles de emisiones de un vehículo nuevo se puedan mantener dentro de un rango aceptable durante la vida útil del vehículo.

#### **Otros factores que afectan las emisiones en vehículos en circulación**

Además de la presencia o ausencia de dispositivos y sistemas para el control de emisiones en los vehículos, existen otros factores relacionados con el diseño del motor que afectan las emisiones del vehículo. Entre estos factores podemos mencionar el encendido electrónico, que asegura que los parámetros de encendido se conservarán durante intervalos más largos que los de un sistema de encendido tradicional. Otros factores de este tipo son la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de piezas de repuesto, herramientas y personal calificado.



**Caracterización del parque vehicular de acuerdo al nivel tecnológico de sus sistemas de control de emisiones.**

Es posible clasificar a los diferentes vehículos dentro de grupos con diferente potencial de contaminación de acuerdo a sus sistemas de control de emisiones.

Se pueden establecer los siguientes grupos:

Grupo	Características principales
1	Vehículos carburados anteriores a 1970. Sin dispositivos de control de emisiones (se puede asumir que aunque cuenten con dispositivos de control de emisiones, estos ya no funcionan correctamente)
2	Vehículos carburados, sin encendido electrónico, sin convertidor catalítico, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas. (Se puede asumir que en la mayoría de estos vehículos los dispositivos anticontaminantes ya no funcionan). 1970 a 1990.
3	Vehículos carburados, con encendido electrónico, sin convertidor catalítico, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas. 1975 a 1990
4	Vehículos con carburador controlado electrónicamente, encendido electrónico, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas. 1982 a 1990.

5	Vehículos carburados, con o sin encendido electrónico, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas y convertidor catalítico de 2 ó 3 vías sin regulación de la mezcla 1991 y 1992
6	Vehículos de inyección electrónica de combustible sin convertidor catalítico, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas 1984 a 1990.
7	Vehículos de inyección electrónica de combustible con convertidor catalítico de 3 vías. Regulación de la mezcla por circuito cerrado, con sistemas PCV, EGR y control de emisiones evaporativas controlados electrónicamente. 1991 en adelante.
8	Vehículos con sistemas OBD II. 1996 en adelante

Los grupos de vehículos se han acomodado de acuerdo a su potencial de emisiones, siendo el primer grupo el más contaminante.

## 1.2 Los niveles tecnológicos en motores CI

Los motores de encendido por compresión (diesel) representan una parte relativamente pequeña del parque vehicular de la Ciudad de México. Frecuentemente se asume que los motores CI son los principales generadores de emisiones tóxicas debido a la coloración de los gases de escape de los motores CI y al olor que despiden. Sin embargo y aún en el caso de un parque vehicular relativamente viejo y con un mantenimiento deficiente, los motores diesel no son un problema crítico en el Valle de México.

Así como en los motores SI se puede clasificar el nivel tecnológico de los niveles de emisiones de acuerdo a sus dispositivos anticontaminantes, en los motores CI es más fácil establecer una clasificación de acuerdo a la tecnología del sistema de inyección.

En un motor CI la variable más crítica relacionada con la emisiones y el rendimiento de combustible es el tiempo, la duración y la calidad de la inyección del combustible, ya que de ésta dependerá la calidad de la combustión y por lo tanto, las emisiones contaminantes.

Otro factor importante en los motores CI es la facilidad o dificultad de alterar el motor por parte de personal sin capacitación adecuada con el fin de obtener un mejor desempeño, con lo que las emisiones contaminantes y el consumo de combustible aumentan considerablemente

Existen motores CI de 2 y 4 tiempos. Los motores CI de 2 tiempos no necesitan mezclar el lubricante con el combustible como en el caso de los motores SI2t y por lo tanto sus emisiones son muy similares a las de los motores CI4t. Sin embargo la última generación de motores CI con control electrónico del sistema de inyección está formada por motores CI4t, debido a que las características de estos motores permiten un control más preciso de la inyección del diesel.

Es importante hacer notar que el principal impulso detrás de los avances tecnológicos en los motores CI no ha sido la necesidad de reducir las emisiones, sino la necesidad de reducir el consumo de combustible.

Los motores CI son de un 35% a un 40% más eficientes que los motores SI. Si agregamos a esto el relativamente bajo costo del diesel se puede entender que en casi todo el mundo el motor diesel sea muy popular incluso en aplicaciones para automóviles.

Grupo	características principales
1	Motores CI 2 ó 4 tiempos con sistemas de inyección mecánicos
2	Motores CI 2 ó 4 tiempos con control electrónico del sistema de inyección
3	Motores CI2t que cumplen con los límites de emisiones EPA 91
4	Motores CI2t que cumplen con los límites de emisiones EPA94

En los últimos 2 grupos siempre es preferible que los motores cuenten con sistemas electrónicos de control de la inyección, ya que aunque existen motores en éstos grupos con control mecánico de la inyección, éstos ofrecen desventajas en cuanto a la facilidad de diagnóstico y reparación, además de que existe la posibilidad de alterar los parámetros del sistema.

### **1.3. Los motores de encendido por bujía de dos tiempos**

Actualmente no se dispone de un motor de dos tiempos comercialmente accesible, con un comportamiento en emisiones equiparable al de un motor SI4t. Una de las tendencias mundiales en este sentido ha sido la prohibición gradual del uso de motocicletas con motores SI2t

En el futuro es probable que se desarrolle un motor SI2t con la capacidad de cumplir con las mismas normas de emisiones que se aplican a los motores SI4t; mientras tanto lo más probable es que los motores SI2t sean relegados a aplicaciones deportivas o rurales.

## Capítulo 2

### Medición y control de las emisiones vehiculares

#### 2.1 Diferencia entre los vehículos nuevos y los vehículos en circulación

Los primeros mecanismos para el control de las emisiones vehiculares se concentraron en lograr que los vehículos fueran más limpios al salir de la fábrica. Se desarrollaron métodos de prueba para la medición de las emisiones de los vehículos y se exigió a los fabricantes lograr niveles cada vez más bajos de contaminantes

De esta forma se dio el primer paso en el control de las emisiones vehiculares, sin embargo se estaba dejando de lado el hecho de que a los automóviles muy raras veces se les da un mantenimiento adecuado a lo largo de su vida útil, por lo que en la mayor parte de los casos se podía encontrar que los mismos vehículos que obtenían excelentes resultados en las pruebas oficiales de emisiones cuando eran nuevos, se convertían en vehículos altamente contaminantes al cabo de pocos años.

Normalmente un vehículo recibe un mantenimiento aceptable durante los primeros dos años de su vida útil. Cuando el vehículo es adquirido por un segundo dueño

con menor capacidad económica el mantenimiento del mismo por lo general deja de ser satisfactorio.

De aquí surge la necesidad de evaluar las emisiones de los vehículos en circulación regularmente para asegurar que su mantenimiento sea adecuado. Un programa de este tipo es conocido como un programa de Inspección y Mantenimiento y obliga legalmente a todos los propietarios de un vehículo a realizar periódicamente una prueba de emisiones a su vehículo.

## **2.2 Las pruebas de emisiones en vehículos nuevos**

Las pruebas de emisiones vehiculares deben ser uniformes y representativas de las condiciones de operación de cada vehículo. El muestreo analítico debe corresponder a las emisiones reales de los vehículos o motores de acuerdo a ciclos de manejo representativos del tráfico urbano.

Los vehículos se colocan en dinamómetros de chasis localizados en laboratorios con condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, permitiendo un muestreo de una fracción de las emisiones totales del vehículo sin que se alteren las condiciones de operación del vehículo.

### 2.2.1 Las pruebas en dinamómetros de chasis

Los dinamómetros de chasis permiten reproducir la carga y la inercia del vehículo de forma que sean iguales a las que experimenta en el camino. La energía mecánica transmitida a los rodillos se absorbe en alguna de las siguientes formas.

- Mediante presión hidráulica con la utilización de una turbina movida por los rodillos y frenada por una corriente de agua a presión. Al variar el nivel de agua dentro de la que turbina se modifica la carga aplicada al vehículo, mientras que una serie de volantes de inercia son acoplados o desacoplados para simular la inercia del vehículo durante la aceleración y desaceleración del vehículo.
  
- Con un frenado electromagnético utilizando corrientes disipadas en un rotor impulsado por los rodillos y enfriado por una corriente de agua. Estas corrientes son generadas por un campo magnético creado por un embobinado ajustable de corriente directa. La inercia se simula igual que en el caso anterior.
  
- Con un frenado eléctrico utilizando una máquina eléctrica de corriente directa o asíncrona. La corriente producida puede ser regresada a la red después de pasar por un tiristor. La máquina también puede aplicar carga al vehículo durante las desaceleraciones. La programación de esta unidad de absorción de potencia permite ajustar la carga aplicada en función de la velocidad de acuerdo con el comportamiento real del vehículo en una prueba de camino.

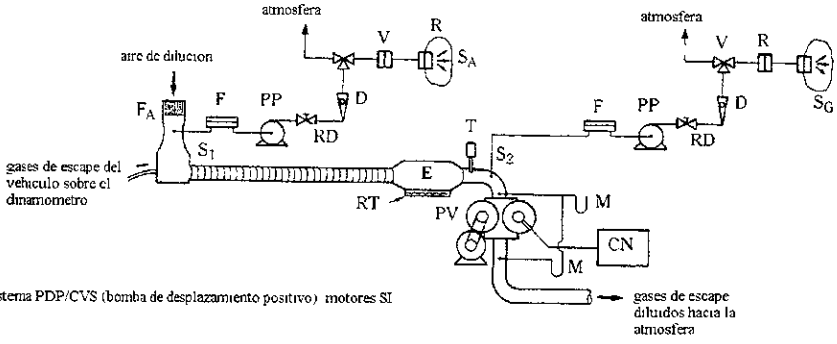


Para motores diesel de camiones y autobuses que se prueban en dinamómetros de motor, un freno controlado manualmente es suficiente para las pruebas de 13 modos utilizadas en los E.U. y en la CEE. Sin embargo para el ciclo transitorio es necesario utilizar una unidad de absorción de potencia eléctrica de corriente directa o asíncrona que permita absorber o aplicar potencia según sea necesario.

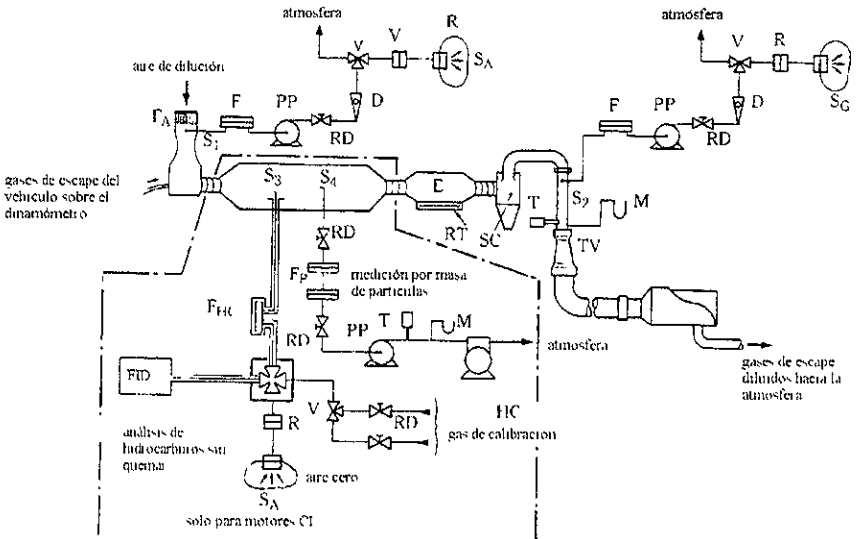
### **2.2.2 El método CVS y los túneles de dilución**

Desde 1982 y a pesar de la desventaja de tener que analizar gases diluidos que tendrán que ser reconcentrados, en todo el mundo se ha adoptado el método CVS para el muestreo de gases. En este método los gases de escape se diluyen con aire ambiente filtrado para mantener un índice de flujo constante (gases de combustión + aire) bajo cualquier condición de operación. Esto permite aproximar las condiciones de dilución de los gases de escape en el aire ambiente en la salida del tubo de escape. El flujo total se calcula, ya sea mediante el conteo de las revoluciones totales de una bomba de desplazamiento positivo con características conocidas que succiona la muestra, o haciendo que la muestra pase por un venturi. Durante la prueba se utilizan diversas bombas para recolectar continuamente muestras de los gases de escape y aire de dilución que son almacenados en bolsas de plástico (fluorocarbono) donde se almacenan hasta que termina la secuencia de manejo. Los contaminantes regulados (CO, HC y Nox) se analizan al final de cada secuencia. Se analizan las muestras de las bolsas y el aire de dilución, con los métodos que a continuación se describen.

En la siguiente figura se puede ver una instalación completa de dinamómetro de chasis y equipo de toma de muestra para un vehículo ligero. Después de la figura se puede ver la descripción de las partes de la misma.



Sistema PDP/CVS (bomba de desplazamiento positivo) motores SI



Sistema CI V/CVS (venturi de flujo crítico) para motores CI y SI

CN contador de revoluciones de bomba de desplazamiento positivo

D medidor de baja

DT medidor acumulativo de flujo

E intercambiador de calor

F filtro

F<sub>A</sub> filtro de aire de dilución

F<sub>HC</sub> filtro de hidrocarburos con calefacción

F<sub>P</sub> filtro para medición de partículas sólidas

M manómetro

PA bomba de succión para diluir la mezcla de gas de escape

PP bomba de muestreo

PV bomba de desplazamiento positivo

R conector rápido

RD controlador de flujo

RT controlador de temperatura

S<sub>1</sub> a S<sub>4</sub> sondas de muestreo

S<sub>A</sub> bolsa para aire de dilución

S<sub>G</sub> bolsa para gas de escape diluido

SC separador ciclónico

T sensor de temperatura

TV tubo venturi

V válvula de acción rápida

En los motores diesel existe el riesgo de la condensación de hidrocarburos pesados que no se pueden almacenar en las bolsas de muestra. Los gases diluidos de escape se transfieren al analizador a través de un conducto que se mantiene a 190°C y se utiliza un integrador para calcular las emisiones acumuladas durante el ciclo. En el caso de vehículos diesel se miden también las partículas suspendidas. Aunque las partículas podrían ser retenidas por un filtro, un filtro lo suficientemente restrictivo generaría suficiente contrapresión para afectar el desempeño del motor y por lo tanto las emisiones del mismo. Debido a lo anterior es necesario medir las partículas de una muestra representativa de las emisiones del motor. Para esto se utiliza un túnel de dilución con la longitud suficiente para obtener una mezcla homogénea de gases de escape con aire de dilución antes de que la muestra llegue a la sonda diseñada para medir las partículas.

También existen sistemas portátiles para el análisis de gases que se pueden utilizar en un vehículo sobre caminos reales. Este tipo de equipos se usa principalmente para investigación y desarrollo.

### **2.3 Las pruebas de emisiones en vehículos en circulación.**

La vida útil de un vehículo es un periodo que dura muchos años. Las emisiones contaminantes producidas por el vehículo aumentan gradualmente en relación al

deterioro del motor y de los sistemas de control de emisiones y pueden aumentar radicalmente a causa de un mantenimiento deficiente.

Las ciudades con problemas de contaminación más graves utilizan revisiones periódicas para controlar las emisiones de los vehículos en circulación. El tamaño del parque vehicular y el costo de los equipos de pruebas hacen imposible la aplicación de una prueba tipo FTP-75. Inicialmente las pruebas a vehículos en circulación se limitaban a la medición en volumen variable de los hidrocarburos y el monóxido de carbono durante la marcha en ralentí. Posteriormente se inicio la medición de otros gases hasta llegar a sistemas en donde es posible medir hasta 5 gases; hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, oxígeno y bióxido de carbono.

Los hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno son los contaminantes que se busca controlar, mientras el oxígeno y el bióxido de carbono se miden como referencia para detectar la dilución de los gases de escape.

El protocolo de prueba más preciso para la medición de emisiones de vehículos en circulación es el I/M 240 (Inspección y mantenimiento por sus siglas en inglés "*Inspection and Maintenance*"). En este protocolo se hace rodar al vehículo sobre un dinamómetro de carga variable durante 240 segundos mientras se toman muestras a volumen constante de los gases de escape. Los resultados se

obtienen en gramos por kilómetro. El I/M 240 es un protocolo de prueba complejo y caro que no resulta práctico para aplicaciones masivas. Se utiliza actualmente en algunas ciudades como Denver, Colorado, en los Estados Unidos.

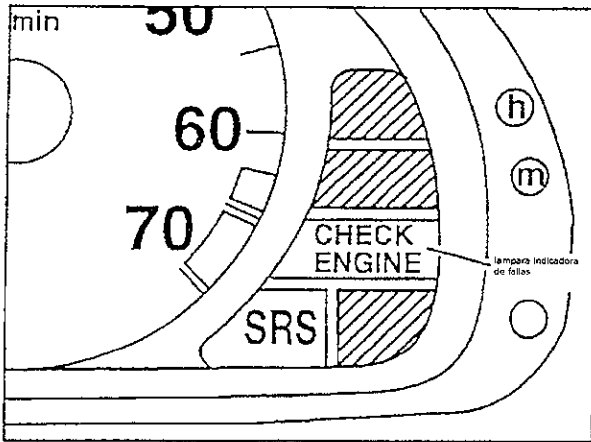
Los protocolos de prueba más comunes son los que toman la muestra de gases a volumen variable mediante una sonda de muestreo que se introduce en el tubo de escape. Por lo general las emisiones se miden durante la marcha en ralentí y durante un período a velocidad constante que se puede dar sin movimiento de las ruedas o con las ruedas motrices girando sobre un dinamómetro de carga constante. Entre estos protocolos se pueden incluir los usados en ciudades de la Comunidad Europea, Asia y Estados Unidos. En México se utiliza un protocolo similar al utilizado en los Estados Unidos (BAR90) el cual se ha adaptado para medir óxidos de nitrógeno durante la marcha en ralentí y durante dos escalones de velocidad sobre el dinamómetro con sus respectivas cargas constantes. Cabe señalar que México es el único país en el mundo donde se miden los óxidos de nitrógeno en este tipo de prueba. Aún no se ha logrado obtener lecturas precisas de óxidos de nitrógeno, observando variaciones de más del 1000% entre pruebas consecutivas del mismo vehículo en la misma línea.

### **2.3.1 Los sistemas de diagnóstico a bordo y el control de los vehículos en circulación.**

La característica básica de un sistema OBD es la capacidad de indicar al conductor del vehículo, por medio de una lámpara indicadora de fallas, cada vez que algún componente del motor falla o queda fuera de sus parámetros regulares de operación. Los errores o fallas son almacenados en la memoria de la computadora de control del motor y pueden ser leídos con la ayuda de una computadora de diagnóstico.

La introducción de los sistemas de diagnóstico a bordo de segunda generación OBDII (de acuerdo a la legislación de E.U.) y EOBD (de acuerdo a la legislación de la Comunidad Europea) permitirá un control mucho más confiable de las emisiones de los vehículos en circulación que los sistemas de análisis de gases que se utilizan actualmente.

### Lámpara indicadora de falla



Los objetivos de un sistema OBD son los siguientes:

- Vigilar constantemente todos los sistemas relevantes para las emisiones de escape.
- Detectar inmediatamente aumentos significativos en las emisiones a lo largo de la vida útil de los vehículos.
- Lograr una reducción permanente de las emisiones de los vehículos en circulación.



### **2.3.1.1. Historia del OBD**

El siguiente paso después del desarrollo de los sistemas de control de la mezcla por circuito cerrado fue el del diagnóstico a bordo u OBD (por sus siglas en inglés "On Board Diagnostics"). Los primeros sistemas OBD se comenzaron a utilizar a principios de la década de los 80 en los Estados Unidos. Originalmente el sistema OBD tenía la función de facilitar el diagnóstico de fallas en los vehículos sin que el control de emisiones fuera el objetivo principal. Los primeros sistemas OBD surgieron después de que se comenzaron a utilizar microprocesadores para el control de los motores. Los microprocesadores se hicieron necesarios debido a la aparición de los convertidores catalíticos y la necesidad de controlar la mezcla aire-combustible con precisión. Entre otras ventajas importantes de las computadoras para el control del motor, se encontraba la de un mayor rendimiento de combustible y la facilidad de diagnóstico. Originalmente estos sistemas se usaron incluso en vehículos equipados con carburadores, en los que algunos de los parámetros de operación del carburador podían ser controlados electrónicamente.

En 1988 el estado de California requirió a todos los fabricantes de automóviles a que instalaran sistemas OBD en sus vehículos con la finalidad de facilitar el diagnóstico y reparación de los sistemas relacionados con el control de emisiones. En esta etapa cada fabricante diseñaba sus propios sistemas, por lo que para el diagnóstico de vehículos de diferentes marcas era necesario contar con una gran

cantidad de herramientas de diagnóstico. A esta generación de sistemas OBD se le llamó OBD I.

También en 1988 se establecieron los requisitos para la segunda generación de sistemas OBD, el OBD II. Uno de los puntos más importantes del OBD II es el establecimiento de una clavija de diagnóstico común para todas las marcas de vehículos, así como el uso de un protocolo de comunicación común para establecer el contacto entre la computadora del OBD II y la computadora de diagnóstico. De esta manera sería posible diagnosticar a cualquier vehículo con sistema OBD II con la misma herramienta de diagnóstico.

Para el OBD II también se establecieron requisitos más estrictos para el manejo y monitoreo del motor y de los sistemas de control de emisiones. Ahora la computadora de OBD II debe realizar activamente pruebas de diagnóstico en los sistemas de emisiones del vehículo y en cualquier sistema del motor o del tren de mando que pueda ocasionar un incremento en las emisiones.

De esta manera el OBDII permite que los bajos niveles de emisiones de un vehículo nuevo se puedan mantener dentro de un rango aceptable durante la vida útil del vehículo.

Los requisitos del OBDII constituyen uno de los pasos más importantes para lograr que los vehículos mantengan un nivel aceptable de emisiones durante toda su vida útil. El OBDII requiere de una gran capacidad de diagnóstico que supera ampliamente a las funciones de monitoreo e indicación que llevaba a cabo el OBDI.

### **2.3.1.2 OBDII en la actualidad**

Los requisitos del sistema OBDII requieren de una capacidad de diagnóstico considerablemente mayor que los de un OBDI. Además de sólo vigilar eléctricamente los diversos componentes básicos que afecten a las emisiones directamente, todos los sistemas que puedan afectar las emisiones aún de manera secundaria tienen que ser vigilados por el sistema de diagnóstico. Las fallas de estos sistemas deben ser almacenadas en la memoria de la computadora de control del motor. Si ocurre una falla relevante, la lámpara indicadora de fallas se deberá encender inmediatamente.

Junto con los requisitos para reducir los contaminantes en los gases de escape causados por la combustión, el OBDII también debe controlar y limitar las emisiones evaporativas que se dan durante el almacenamiento y el transporte del combustible.

El OBDII por lo tanto debe de vigilar el sistema de control de emisiones evaporativas y todo el sistema de combustible. Las fugas más pequeñas del sistema deben ser detectadas para prevenir que los vapores escapen a la atmosfera. Una de las pruebas que deberá llevar a cabo la computadora es la de hermeticidad del sistema de combustible.

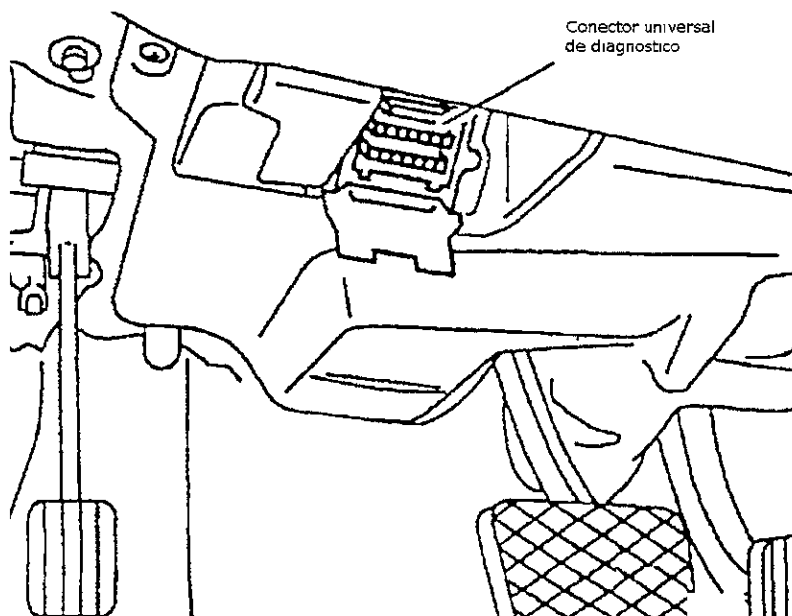
### **2.3.1.3 Homologación y validación del OBDII**

Los fabricantes de automóviles que vendan vehículos en E.U. deberán garantizar el cumplimiento de los límites de emisiones requeridos legalmente, durante un ciclo de vida de 5 años o 100,000 millas. El cumplimiento con estos límites es vigilado por las autoridades ambientales de los E U. las cuales prueban vehículos de diferentes edades y millas recorridas escogidos al azar en el mercado. Si los vehículos no cumplen con los límites establecidos, se les imponen diversas medidas legales para asegurar el cumplimiento de las normas. Estas medidas pueden resultar en acciones correctivas posteriores a la venta de los vehículos las cuales tienen un alto costo y perjudican la imagen comercial y ambiental de la marca.

El protocolo OBD II también estipula la utilización de una interface universal para todos los fabricantes de automóviles que permita a las autoridades examinar las fallas relevantes para las emisiones y la información asociada a las mismas que se encuentren almacenadas en la memoria del sistema, con el uso de una

herramienta de diagnóstico. Las autoridades pueden obtener información sobre la naturaleza de la falla, las condiciones en las que se presentó la misma y el lapso de tiempo que permaneció encendida la lámpara indicadora de falla.

En la siguiente imagen se puede ver el conector universal OBD II



Si se presenta una falla que cause la activación de la lámpara indicadora de falla, el conductor de un vehículo de pasajeros debe acudir a un taller autorizado y corregir la falla de acuerdo a la legislación de los E.U.

La mayoría de los fabricantes de automóviles que operan en el mercado de los E.U. comenzaron a implementar el OBDII en sus vehículos de año modelo 1994. Para el año modelo 1996, todos los vehículos (o más bien todas las familias de motores) en el mercado de los E.U. cumplían completamente con los requisitos de OBDII.

El alcance de las configuraciones del sistema OBDII depende de la combinación de vehículo/motor y computadora de control. Por lo anterior la configuración de OBDII varía ligeramente entre diferentes marcas y modelos.

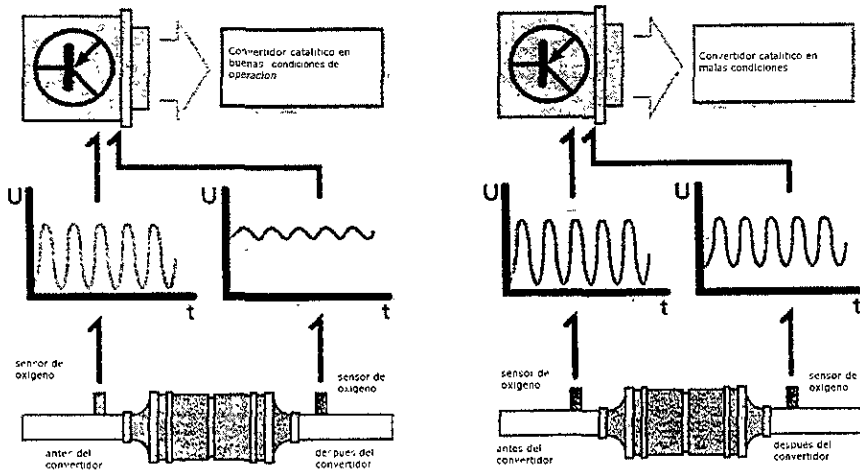
#### **2.3.1.4 Componentes vigilados por OBDII**

Los componentes más importantes que son vigilados por el sistema OBDII son los siguientes:

- Convertidor Catalítico
- Sensores de oxígeno
- Fallas de encendido (*misfiring*)
- Sistema de ventilación del tanque de combustible
- Hermetismo del tanque de combustible
- Diagnóstico de fugas de combustible
- Sistema de combustible
- Sistema de inyección de aire secundario
- Vigilancia electrónica de todos los componentes relacionados con emisiones
- Interface de diagnóstico universal OBDII

### 2.3.1.5 Vigilancia del convertidor catalítico

El convertidor catalítico es vigilado para asegurar su correcta operación mediante un sensor de oxígeno adicional, el cual se instala después del convertidor catalítico. La computadora de control del motor vigila la eficiencia del convertidor catalítico al comparar la señal del sensor de oxígeno posterior al convertidor con la del sensor anterior al convertidor.



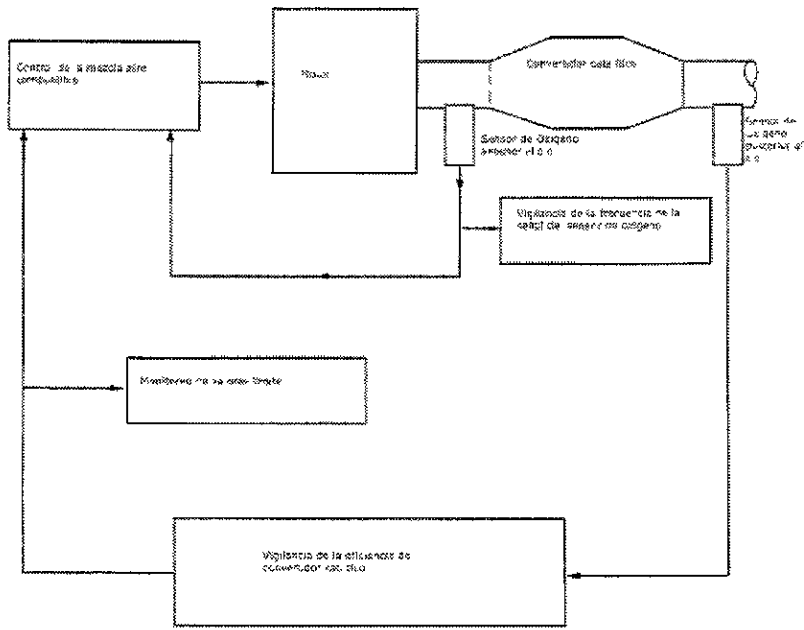
Como se puede ver en la figura anterior, la computadora de control del motor compara las señales de los dos sensores de oxígeno y si encuentra que las lecturas son iguales interpreta la lectura como una falla o un envejecimiento del convertidor catalítico. En caso de que el vehículo cuente con dos o más convertidores separados, cada convertidor deberá contar con dos sensores.

### **2.3.1.6 Vigilancia de los sensores de oxígeno**

Los sensores de oxígeno también son vigilados para asegurar su correcta operación. Las fallas en el sensor, tales como las provocadas por la utilización de combustible con plomo, son detectadas por la computadora de control del motor cuando se da un cambio de frecuencia en la señal del sensor. La frecuencia de la señal del sensor varía de acuerdo a las condiciones de operación del motor, por lo que la señal es comparada con datos almacenados en la memoria de la computadora y sólo se registra una falla cuando existe una diferencia para una condición determinada de operación del motor.

En la siguiente gráfica se puede apreciar el diagrama de bloques del sistema de monitoreo del convertidor catalítico y los sensores de oxígeno





### 2.3.1.7 Detección de las fallas de encendido

El objetivo de esta función es la detección de fallas en el correcto encendido de la mezcla aire combustible, las cuales, por una parte, incrementan las emisiones de hidrocarburos sin quemar y por otra parte pueden dañar el convertidor catalítico hasta dejarlo fuera de condiciones de operación, lo que representa un alto costo para el dueño del vehículo y afecta negativamente las emisiones del mismo.

Esta función de vigilancia se logra por medio de un sensor de pulso inductivo que registra la velocidad rotacional del anillo incremental que está montado en el cigüeñal y que genera la señal para detectar las revoluciones por minuto del motor.

Para detectar las fallas de encendido, la computadora de control del motor establece una secuencia de cuatro segmentos de tiempo en el giro del anillo incremental y divide la señal del sensor de pulso inductivo en estos cuatro segmentos. La secuencia corresponde al tiempo de encendido (por ejemplo 4 explosiones por revolución del cigüeñal en el caso de un motor de ocho cilindros) El periodo de duración (T) de cada segmento del anillo incremental es medido por la computadora de control del motor. Cuando todos los cilindros del motor están encendiendo correctamente, el período de duración de T es el mismo para los cuatro segmentos ( $T_1=T_2=T_3=T_4$ ).

Si alguna falla de encendido (misfire) ocurre en algún cilindro, el período correspondiente al cilindro en cuestión es más largo que los demás por algunas fracciones de milisegundo ( $T_3>T_1,T_2,T_4$ ). Los períodos de duración de cada segmento son evaluados estadísticamente por la computadora de control del motor.

Los valores máximos permisibles de fallas de encendido están almacenados en la memoria de la computadora de control en función de las condiciones de velocidad, carga del motor y temperatura de operación para cada nodo de un mapa característico.

Si el índice de fallas de encendido es demasiado alto, se puede suspender la alimentación de combustible al cilindro afectado para proteger el convertidor catalítico .

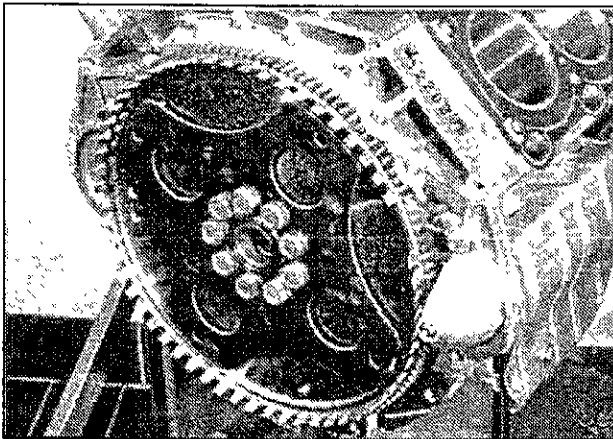
La inyección de combustible se reactiva cada vez que el motor arranca, para asegurar que no se saque de operación a un cilindro, por lo que pudo ser una falla esporádica. Si la falla que causó la desactivación del cilindro persiste, se vuelve a cortar la alimentación de combustible al cilindro. Si el motor funciona correctamente después del arranque, la inyección de combustible se restablece de manera normal, la falla permanece almacenada en la memoria de la computadora y se borra solamente después de 40 arranques consecutivos sin que se repita la falla

También se toma en cuenta como posible causa de las fallas de encendido un bajo nivel de combustible, de esta manera se facilita el diagnóstico para el mecánico.

La detección de fallas de encendido se desactiva en las siguientes condiciones:

- Corte de combustible y encendido (freno con motor).
- Cargas y pendientes altas
- Variaciones grandes de carga y velocidad en lapsos cortos de tiempo.
- Manipulaciones extremas del sistema de encendido y combustible por parte de subsistemas externos e internos (control de tracción, control de la transmisión automática).
- Cambios en la velocidad del cigüeñal ocasionados por el transeje (camino con superficie irregular).

En la siguiente gráfica se puede ver el anillo dentado incremental usado para la detección de fallas de encendido.



### **2.3.1.8 Vigilancia del sistema de combustible**

Otro de los requisitos del OBDII es la *vigilancia de el sistema de combustible para* evitar que existan fugas que puedan causar formación de vapores de combustible. Esta medición se logra mediante sensores de presión ubicados en diferentes puntos del sistema de combustible, los cuales comparan los valores medidos con valores almacenados en la memoria de la computadora del sistema para determinadas condiciones ambientales y de operación del vehículo.

### **2.3.1.9 Otros sistemas vigilados por el sistema OBDII**

El sistema OBDII vigila cualquier componente que pueda afectar directa o indirectamente las emisiones del vehículo, por lo que se deben monitorear constantemente múltiples sistemas del vehículo entre los que se puede mencionar los siguientes:

- Sistema de aire secundario
- Transeje
- Aire acondicionado
- Sistemas de control de tracción que manipulen los parámetros de operación del motor.

## Capítulo 3

### Normas y regulaciones sobre emisiones vehiculares

#### 3.1 Antecedentes históricos

Las emisiones de escape automotrices son el tema de diversas normas en la mayoría de los países industrializados. A lo largo de los años el número de compuestos contaminantes se ha incrementado gradualmente, los límites máximos para la emisión de cada compuesto se han reducido cada vez más y ha aumentado el número de países que cuenta con normatividad al respecto. Los primeros requisitos eran muy vagos tales como el que se estableció en Alemania en 1910, el cual decía que *“Los vehículos deben de ser seguros y contruidos de tal manera que eviten molestias al público, ya sea por olores desagradables o humo”*. Las primeras regulaciones en Estados Unidos fueron establecidas en California en 1959, establecían que se debían eliminar completamente las emisiones evaporativas provenientes del cárter del motor, lo que dió origen al sistema pcv. Esta norma también limitaba la emisión de HC y CO.

Las primeras normas federales en Estados Unidos se establecieron en el *Clean Air Act*, (Acción para el aire limpio) el cual áplico por primera vez a los vehículos de año modelo 1968. Esta norma se publicó en 1966. Los valores establecidos correspondían a los de la norma de California de 1960

Estas mismas normas se fueron haciendo más estrictas en 1968, 1970, etc. y adoptaron la medición de volumen de contaminantes en vez de la de concentración de contaminantes. Los valores se expresaron como masas emitidas por unidad de distancia recorrida, por ejemplo gr./km, basándose en un ciclo de manejo establecido. El método de muestra de volumen constante (CVS) se utilizó para medir las emisiones del vehículo.

Las normas que originalmente sólo incluían límites para HC y CO, también incluyeron NOx y partículas (en motores diesel).

En Europa en 1956, a la VDI (*Verein Deutsche Ingenieure*) (Asociación de Ingeniería Alemana) se le pidió que estableciera directivas para la regulación de las emisiones automotrices. Alrededor de 1961, un grupo Franco - Alemán enfocó su atención en la reducción de las emisiones de CO y HC. En Francia los gases del escape han estado regulados desde 1963, las emisiones provenientes del cárter desde 1964 y las emisiones de CO en ralentí desde 1969. Debido a que las condiciones de manejo en las ciudades europeas son significativamente diferentes de las que se dan en una ciudad promedio de los Estados Unidos, se estableció un ciclo de manejo propio para Europa el cual se basó en las condiciones de tráfico de París.

Adicionalmente, debido a la diversidad de vehículos que existían en Europa (tipos y tamaños de motor y tren de mando), los límites se establecieron de acuerdo al peso de cada categoría de vehículos.

En Japón, Las primeras normas sobre CO se establecieron en 1966 y después se ampliaron para incluir HC y NOx en 1973. Estas normas median tanto la concentración como el volumen de los gases contaminantes y utilizaban como referencia un ciclo de manejo específico para Japón.

Otros países han participado en la elaboración de normas para emisiones automotrices dentro del grupo de trabajo W29 de la Comunidad Económica Europea, entre estos se incluye a los diversos miembros de la CEE, los países de Europa oriental y Estados Unidos. Las normas establecidas por este grupo son aplicables solamente de acuerdo a cada uno de los países miembros del grupo.

Para los productores de automóviles es importante cumplir con las normas de los diferentes países en los que sus vehículos son comercializados. De esta forma se han tenido que desarrollar versiones diferentes de vehículos para los diferentes países. En general se ha observado que las normas tienden a unificarse y es posible que a mediano plazo se pueda contar con normas mundiales de emisiones.



### 3.2 Procedimientos de prueba oficiales

Para poder asegurarse de que los diferentes vehículos sean probados en condiciones equivalentes, se han desarrollado ciclos de prueba oficiales. Estos ciclos se basan en métodos analíticos descritos en las normas (ver capítulo anterior). Estos mismos ciclos se utilizan para medir el consumo de combustible de los vehículos.

Hasta la fecha no se ha adoptado un método universalmente aplicable para las pruebas de emisiones y hay varios tipos de ciclos de prueba en uso, entre los cuales no existe correlación alguna que permita convertir los resultados de un método a otro. Los ciclos de prueba utilizados actualmente se muestran en la siguiente tabla.

Ciclo	Velocidad Máxima km/h	Velocidad Promedio km/h	Tipo de tráfico	Condiciones de arranque	Países que lo usan
ECE 15	50	18.7	urbano lento y fluido	frio + 40 segundos en ralentí	CEE
FTP 72	91.2	31.5	urbano fluido	frio	Suecia
FTP 75	91.2	34.1	urbano fluido	frio	EU California Noruega Suiza Canadá Australia México
HWFET*	96.4	77.4	carretera rápido autopista lento	caliente	EU California Suecia Suiza México

10 modos	40	17.7	urbano fluido	caliente	Japón
11 modos	60	30.6	urbano fluido, carretera lento	frio + 25 segundos en ralenti	Japón

### 3.2.1 Ciclos de manejo en los E.U.

El ciclo FTP 72 (*Federal Test Procedure*) Procedimiento Federal de Prueba, también conocido como Protocolo de Manejo Urbano sobre Dinamómetro, Protocolo A10 de Suecia o ciclo CVS a partir del nombre del aparato usado para el análisis de los gases, simula un ciclo de manejo urbano de 12.07 km. De longitud con paradas frecuentes, un rango de velocidad de 0 a 91.2 km/h y una velocidad promedio de 31.5 km./h. Tiene una duración de 22 minutos con 52 segundos y el 17.8% del tiempo el vehículo permanece en ralenti lo que corresponde a los períodos que pasaría el vehículo detenido en semáforos o en el tráfico.

El ciclo consiste de dos fases, la primera de las cuales dura 505 segundos y la segunda dura 867 segundos. El vehículo inicia la primera fase con un arranque en frío después de haber permanecido estacionado sin encender el motor por un mínimo de 12 horas a 20° C. Las dos fases están separadas por un período de 10 minutos durante los cuales el motor permanece apagado.

### **3.2.1.2 El Ciclo FTP-75**

Este ciclo agrega al FTP-72 una tercera fase de 505 segundos, idéntica a la primera fase del FTP-72 pero sin el arranque en frío. La distancia recorrida es de 17.86 km y la velocidad promedio es de 34.3 km/h.

Las relaciones de la transmisión usadas para el ciclo no son impuestas por la norma pero pueden ser establecidas para cada vehículo por su fabricante. Se tiene planeado agregar una cuarta fase al FTP-75 que incluirá velocidades y aceleraciones más altas.

### **3.2.1.3 El ciclo HWFET**

El ciclo HWFET (*Highway Fuel Economy Test*) es un ciclo de manejo interurbano que simula condiciones de tráfico fluido y constante (porcentaje de tiempo en ralentí 1%) en una autopista o carretera con el motor en su temperatura de operación. Dura 12 minutos con 45 segundos en los cuales se recorren 16.45 km, para una velocidad promedio de 77.4 km./h (velocidad máxima de 96.4 km./h). Se efectúa dos veces, haciéndose la medición en la segunda prueba. Este ciclo también es la base para determinar el rendimiento de combustible de los vehículos en carretera.

### 3.2.1.4 Otros ciclos de prueba en los E.U.

Existe una gran variedad de ciclos de prueba que son utilizados para vigilar las emisiones de diversas categorías de vehículos en diferentes condiciones de operación. Entre los más importantes podemos mencionar los siguientes:

- Prueba de emisión de sulfatos, simula condiciones de tráfico denso en autopista para evaluar la emisión de sulfatos.
- Ciclo de baja velocidad; alcanza velocidades máximas de 45 km./h.
- Ciclo de California; precursor del FTP-72.
- Ciclo de la Ciudad de Nueva York; representa tráfico urbano denso en Nueva York.
- Ciclo de 9 modos; diseñado para evaluar las emisiones de vehículos a gasolina de más de 2.7 toneladas o que transportan más de 12 pasajeros, ha sido sustituido por el ciclo transitorio para camiones.
- Protocolo de Durabilidad DDS (*Durability Driving Schedule*) Se utiliza para acumular kilometraje en pruebas de durabilidad de dispositivos anticontaminantes, especialmente de convertidores catalíticos. Otra prueba para determinar la durabilidad de los convertidores es el ciclo de deterioro de convertidores catalíticos IIEC-2.
- Ciclo de 13 modos; Se diseño para medir las emisiones de motores diesel en un banco de pruebas de motores. Fue sustituido por el ciclo transitorio para camiones.

- Ciclo transitorio para camiones: Es un ciclo de 4 fases que representa, en la primera fase, manejo urbano en tráfico denso de Nueva York con arranque en frío, seguido por manejo en tráfico denso de Los Angeles, tráfico fluido en autopista de Los Angeles y una repetición de la primera fase. Este ciclo tiene una velocidad promedio de 30 km/h y se recorre una distancia de 10.3 km. Durante 20 minutos. Se han establecido correlaciones entre este ciclo y el de 13 modos y el ciclo *estabilizado europeo*.
- Ciclo de 8 modos; se diseño para establecer una buena correlación con el ciclo transitorio para camiones en un dinamómetro de motor.
- Ciclo de diseño avanzado de autobuses Simula diversas condiciones de manejo de los autobuses urbanos.
- Ciclo para motores pequeños; se usa para probar motores de podadoras, sierras de cadena, tractores de jardín, etc.

### **3.2.2 Ciclos Europeos**

#### **3.2.2.1 Ciclo urbano de la Comunidad Europea**

Este ciclo fue desarrollado en Francia en 1962 y está basado en las condiciones de tráfico de París, las cuales son muy diferentes a las de California que se usaron inicialmente para el desarrollo de este ciclo. Este ciclo se repite cuatro veces e incluye una curva de velocidad en función del tiempo en la cual los

cambios de velocidad están preestablecidos. La distancia total recorrida es de 4.052 km. y la medición comienza después de 40 segundos en ralentí.

### **3.2.2.2 Ciclo extraurbano de la Comunidad Europea**

El ciclo urbano de la CEE fue recientemente suplementado con este ciclo, el cual representa tráfico en carretera a velocidades más altas (hasta 120 km./h). Este ciclo de prueba dura 400 segundos, y cubre una distancia de 6.955 km. a una velocidad promedio de 62.6 km./h. La medición inicia después de 20 segundos en ralentí. En vehículos cuyos motores tienen menos de 30 KW de potencia, se limita la velocidad máxima a 90 km./h.

### **3.2.2.3 Otros ciclos europeos**

- Ciclo UBA: fue desarrollado para representar un compromiso entre las diferentes clases de tráfico urbano y de carretera. Alcanza velocidades máximas de 120 km./h.
- Ciclo Urbano de Berlín; Desarrollado en base al recorrido de un Volkswagen Golf en 1975 en la ciudad de Berlín, cubre una ruta de 8.2828 con 15 paradas con duración es que van de 1 a 43 segundos.
- Ciclo Alemán de Autobuses; este ciclo tiene un recorrido de 11 km. con una velocidad máxima de 58.2 km./h y una velocidad promedio de 22.9 km./h.
- Ciclo Europeo de 13 modos; este ciclo para motores diesel es llevado a cabo en un dinamómetro de banco y es similar a la versión de E.U

- Ciclos para motocicletas; La Norma No. 40 de la CEE (9) se lleva a cabo sobre un dinamómetro de chasis y consta de 15 modos a una velocidad máxima de 50 km./h. El ciclo se repite cuatro veces lo que da un total de 13 min. por prueba. La medición comienza después de dos ciclos de preparación. Para motocicletas con motores de menos de 50 cm<sup>3</sup> se hace una prueba de 7 modos que se repite 4 veces para un total de 448 segundos.
- Ciclo de durabilidad Europeo; sirve para evaluar la durabilidad de dispositivos anticontaminantes
- Ciclo ferroviario Europeo, usado para evaluar las emisiones de locomotoras a diesel, fue desarrollado por la UIC (*Union Internationale des Chemins de fer*) Unión Ferroviaria Internacional.

### **3.2.3 Ciclos Japoneses**

En Japón se utilizó inicialmente un ciclo de 4 modos entre 1966 y 1974 para limitar las concentraciones volumétricas de CO emitidas por vehículos a gasolina o gas

#### **3.2.3.1 Ciclo de 6 modos**

Hay dos ciclos de 6 modos usados en Japón para vehículos de carga de más de 2.5 toneladas o que transportan más de 10 pasajeros: un ciclo para motores a gasolina o gas y otro para motores diesel.

### **3.2.3.2 ciclo de 10 modos**

Este ciclo simula el manejo urbano después de un arranque con el motor en temperatura de operación. Corresponde a una distancia de 0.664 km con una velocidad promedio de 17.7 km./h y dura 135 segundos. El ciclo se lleva a cabo 6 veces después de una preparación del vehículo que consiste en hacerlo funcionar a 40 km./h durante 15 minutos. Las emisiones medidas en los últimos cinco ciclos son expresadas en gr./km. La distancia total recorrida es de 3.32 km. en 675 segundos con un 26.4 % del tiempo en ralentí.

### **3.2.3.3 ciclo de 11 modos**

Este ciclo simula el manejo en una autopista urbana después de un arranque en frío. Incluye un arranque a temperaturas de entre 20°C y 30°C. Después de un período de ralentí de 25 segundos se recorre una distancia de 1.021 km a una velocidad de 30.6 km./h. por 120 segundos. Los resultados se expresan en gramos por prueba.

### **3.2.3.4 ciclo de 10 a 15 modos**

Adaptación del antiguo ciclo de 10 modos ampliado a velocidades máximas de 70 km./h. Esta prueba se aplica a vehículos de año modelo 1991 o superior de motor a diesel o gasolina.



### 3.2.4 Otros ciclos

- Ciclo de montacargas; consta de 10 repeticiones se carga y descarga seguidos por 20 segundos de recorrido sin carga, se usa en Alemania para estimar las emisiones de motores a diesel en centros de trabajo
- Ciclo EPA aterrizaje/despegue para aviones; este ciclo de 5 modos simula las condiciones de operación de cada tipo específico de motor montado en los aviones actuales. En función del tipo de motor, la siguiente tabla nos muestra la duración y la carga del motor aplicada durante cada modo Este ciclo regula las emisiones generadas por aviones volando a alturas inferiores a los 900 mt. Tiene dos segmentos diferentes de ralentí y desplazamiento en tierra ya que el despegue inicia con un arranque en frío a diferencia del aterrizaje. La fase de descenso no es tomada en cuenta más que para los aviones supersónicos.

Categoría	T1, P2		T2, T3 ,T4		T5	
Modo	Tiempo (min.)	Carga (%)	tiempo (min.)	Carga (%)	tiempo (min.)	Carga (%)
Ralentí/ mov. En pista (despegue)	19	dada por fabricante	19	dada por fabricante	19	dada por fabricante
Despegue	0.5	100	0.7	100	1.2	100
Ascenso	2.5	90	2.2	85	2.0	65
Descenso	-	-	1.2	-	-	15
Aproximación	4.5	30	4.0	30	2.3	34
Ralentí/ Mov. en pista (aterrizaje)	7.0	dada por fabricante	7.0	dada por fabricante	7.0	dada por fabricante

Categoría	tipo de motor
T1	turboventilador/turborreactor < 35.6KN empuje
T2	turboventilador/turborreactor > 35.6KN empuje
T3	JT3D
T4	JT8D

T5	supersónico de crucero
P1	motor de pistones
P2	turbohélice

- Ciclos LHD y MTU; ciclos para vehículos de minería a cielo abierto y construcción. Tiene 6 modos que representan la operación de carga traslado y descarga de material en camiones de volteo fuera de carretera.
- Ciclos de opacidad de humo para motores diesel.
- Ciclos para medición de emisiones provenientes del cárter del motor

### 3.2.5 Medición de emisiones evaporativas

Las emisiones generadas por la evaporación del combustible almacenado en el depósito de combustible y el sistema de suministro de combustible al motor son, medidas con la prueba SHED (*Sealed Housing for Evaporative Determination*: contenedor cerrado para la determinación evaporativa).

En la prueba SHED se almacena el vehículo en un cuarto sellado después de haber permanecido con el motor apagado por un período de 11 a 16 horas a una temperatura de 20 a 30°C y de haber vaciado el tanque de combustible y rellenarlo a un 40% de su capacidad con combustible de referencia. El vehículo permanece en el cuarto cerrado por un período de una hora en la que la temperatura se aumenta de 15.6 a 28.9° C. Se mide el contenido del cuarto antes de sacar el vehículo. El vehículo es entonces llevado al dinamómetro de chasis en el cual recorre 17.9 kilómetros a partir de una arranque en frío. El vehículo se

mantiene con el motor en ralentí mientras se purga el cuarto sellado. El vehículo es almacenado nuevamente en el cuarto el cual se cierra 2 minutos después de que se haya apagado el motor del vehículo, y permanece en el cuarto durante una hora con el cofre cerrado y con la cajuela y ventanas abiertas, después de lo cual se mide la concentración de hidrocarburos. El resultado se expresa en la masa de hidrocarburos evaporada

Esta prueba no permite medir las pérdidas que se dan mientras el motor está funcionando, que representan la menor parte de las emisiones evaporativas. Actualmente se evalúan nuevos métodos para medir y regular estas emisiones.

### **3.2.6 Valores de emisiones permitidos en Estados Unidos**

Estos valores se expresan en gramos por milla medidos en un ciclo FTP-75. Los límites más recientes fueron fijados en 1987 para vehículos de pasajeros y en 1988 para vehículos utilitarios. Los valores actuales deben de cumplirse a los 80,000 km. (50,000 millas) en vehículos de pasajeros y a los 192,000 km. (120,000 millas) en vehículos utilitarios. Para el cálculo de estos valores se toman en cuenta factores de deterioro. En 1990 con el *Clean Air Act* se adoptaron límites más estrictos.

Valores actuales para 50,000 millas (en g/milla) FTP-75

	NMHC*	CO	NOx para vehículos a gasolina	NOx para vehículos a diesel	Partículas
Vehículo de pasajeros	0.25	3.4	0.4	1.0	0.08
Utilitario ligero	0.25	3.4	0.4	1.0	0.08
Utilitario mediano	0.25	4.4	0.4		0.08

Valores actuales para 100,000 millas (en g/milla) FTP-75

	NMHC*	CO	NOx para vehículos a gasolina	NOx para vehículos a diesel	Partículas
Vehículo de pasajeros	0.31	4.2	0.6	1.25	0.10
Utilitario ligero	0.31	4.2	0.6	1.25	0.10
Utilitario mediano	0.4	5.5	-	-	-

Cambio histórico de los valores de emisiones (gr/km)

Año	CO FTP 75	HC FTP75	NOx(ciudad) FTP75	NOx(carretera) HWFET
1960	52.2	6.58	2.54	-
1968-69	31.7	3.91	-	-
1970-71	21.12	1.60	-	-
1972	17.4	1.86	-	-
1973-74	17.4	1.86	1.92-	-
1975-76	9.32	0.93	1.92	-
1977-79	9.32	0.93	1.24	-
1980	4.35	0.25	1.24	-
1983	2.11	0.25	0.62	0.76
1994	2.11	0.15	0.25	0.30

Analizando la evolución histórica de los límites de emisiones en los Estados Unidos se puede notar una constante reducción en las emisiones que siempre ha ido acompañada de avances tecnológicos. En la actualidad y en el futuro, con seguridad se puede esperar que los límites continúen siendo más estrictos.

## Capítulo 4

### La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y las medidas para combatir la contaminación.

#### 4.1 Condiciones de la ZMCM

Existen varias condiciones que hacen única a la Ciudad de México desde un punto de vista ambiental. Entre las más importantes se pueden citar las siguientes:

- **Altitud:** La ciudad de México se encuentra a un nivel medio de 2240 m. sobre el nivel del mar. La altitud afecta considerablemente a los procesos de combustión así como a los fenómenos atmosféricos. A 3000 metros de altura, en un motor de aspiración natural sin control electrónico de la mezcla se duplican las emisiones de HC y CO respecto a las emisiones del mismo motor al nivel del mar. Esto es especialmente crítico si se toma en cuenta el nivel tecnológico del parque vehicular de la ZMCM. En los motores diesel de aspiración natural es necesario incrementar la cantidad de combustible en la mezcla para compensar la pérdida de potencia ocasionada por la altura.
- **Condiciones orográficas:** La ciudad de México es un valle rodeado de montañas lo que dificulta la dispersión de los contaminantes.

■ Superficie: La superficie urbana total de la Ciudad es superior a los 2200 km. cuadrados

■ Condiciones climatológicas: Aunque la temperatura se mantiene en un rango agradable, en la temporada seca se dan variaciones suficientes a lo largo del día para que se presenten inversiones térmicas en la mañana, mientras que al mediodía y en la tarde se dan condiciones que ocasionan la formación de ozono.

De la misma forma los vientos de la ciudad suelen estar en calma en la época seca, lo que fomenta tanto la inversión térmica como la formación de ozono. En otras ocasiones se observa que los vientos se dirigen durante el día principalmente hacia el suroeste, región donde se encuentran las montañas más altas de la periferia, de forma que los contaminantes se concentran en el suroeste de la ciudad. Además de las corrientes de viento, la estabilidad atmosférica también influye directamente en la dispersión de los contaminantes. La estabilidad atmosférica es la tendencia de la atmósfera a resistirse a los movimientos verticales. La estabilidad es determinada por el viento y por la variación de temperatura en función de la altura.

Cuando la atmósfera se encuentra en un estado de estabilidad neutra se da una disminución aproximada de 1°C. por cada 100 metros de altitud. En estas condiciones no se inhibe ni se eleva la turbulencia atmosférica. Cuando la atmósfera se encuentra en un estado inestable, la temperatura disminuye más de

1° C por cada 100 m de elevación, en esta condición se promueve la turbulencia y por lo tanto la dispersión de los contaminantes. Una atmósfera estable se da cuando no hay cambio de temperatura con la altura o cuando, de hecho, la temperatura se incrementa con la altura (inversión térmica). En estas condiciones se da una concentración de contaminantes en las zonas más cercanas al suelo. Las inversiones térmicas se presentan en promedio 240 veces al año en la ZMCM.

#### ■ Efectos urbanos sobre la meteorología local

Es importante mencionar que la urbanización influye sobre las condiciones climatológicas. Esta influencia se debe a diversos factores, tales como la pavimentación y edificación, las cuales reflejan un mayor porcentaje de radiación solar que el suelo natural y la vegetación. También se da una influencia por parte del calor arrojado a la atmósfera por intercambiadores de calor y gases de combustión. Es notable que en los últimos 100 años la temperatura promedio de la ZMCM a aumentado 3°C. El aumento de temperatura promedio se ve acompañado de temperaturas más extremas, todas estas son condiciones que favorecen la concentración de contaminantes y la formación de ozono.



## ■ Condiciones urbanas de la ZMCM

El estado de la infraestructura urbana de la ZMCM es otro factor que ha favorecido al incremento de la contaminación atmosférica. Es notable que para un número relativamente bajo de vehículos en circulación, la ZMCM sea una de las ciudades con problemas más críticos de calidad del aire.

La infraestructura vial de la ZMCM ha tenido un crecimiento caótico y acelerado durante los últimos 50 años. Aunque la superficie pavimentada representa casi un 25% de la superficie urbana total, porcentaje que no es mucho menor en comparación a otras grandes ciudades, es notable que la velocidad promedio del tráfico es muy inferior a la que se llega a dar en urbes con similares condiciones, incluso cuando estas ciudades cuentan con un parque vehicular más grande.

La velocidad promedio del tráfico urbano de la ZMCM es de 14 km/h de acuerdo a un estudio reciente. Una de las consecuencias de la baja velocidad promedio de los vehículos es que se utiliza más combustible para recorrer la misma distancia y por lo tanto se producen más emisiones contaminantes.

Existen muchos factores que contribuyen a disminuir la velocidad promedio del tráfico urbano. Algunos de éstos se deben a deficiencias de diseño en las mismas vialidades, mientras que otros son causados por factores externos tales como

## **ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA**

topes, movilizaciones populares, falta de cumplimiento en reglamentos de tránsito, falta de zonas especiales para el ascenso y descenso de pasajeros de autobuses, etc.

La construcción de pasos a desnivel y vías rápidas es ciertamente cara y es un proyecto a mediano o largo plazo por lo que no se puede buscar una reducción inmediata de emisiones mediante proyectos de este tipo. La reglamentación de obstrucciones al tráfico tales como las causadas por movilizaciones populares, topes, mercados en la vía pública y falta de espacio para el transporte público son puntos que requieren de una reglamentación inmediata que permitirían disminuir apreciablemente las emisiones.

Existen otras opciones a considerar para aumentar la velocidad promedio del tráfico, tales como el uso de horarios escalonados en los centros de trabajo, escuelas y zonas industriales, de tal forma que se distribuya el tráfico a lo largo del tiempo. Adicionalmente se deben buscar otras alternativas tales como el uso de transportes escolares, de personal o vehículos compartidos, opciones que se podrían promover mediante incentivos fiscales o mediante el uso de carriles especiales en vías rápidas, lugares de estacionamiento más baratos o gratuitos etc.

Es necesario de cualquier forma mejorar la vialidad de la ZMCM, tanto en cantidad como en calidad. Actualmente la ciudad ya es apenas viable debido a problemas tales como el abastecimiento de agua. Es claro que el valle de México no es capaz de soportar un aumento constante en la población ni en el número de vehículos sin que se afecte de forma importante la calidad de vida. Por lo tanto, se debe planear cuidadosamente el desarrollo de nuevas vialidades, de forma que éstas no generen a su vez nuevos movimientos de población. Al mismo tiempo se debe buscar una descentralización efectiva de las actividades económicas de la ZMCM de forma que se den movimientos migratorios hacia afuera de la ciudad.

#### ■ Transporte público

El transporte público de la ZMCM es obsoleto e insuficiente. No se le ha dado la importancia necesaria al desarrollo de un esquema completo de transporte público urbano y suburbano. En una ciudad del tamaño de la nuestra es necesario contar con un transporte público de varias modalidades; urbano, suburbano e interurbano.

En la zona central de la ciudad se debe contar con una red de trenes, autobuses y trolebuses, que permitan al usuario realizar sus viajes con comodidad y seguridad. convendría buscar que muchos de los usuarios de automóviles utilicen transportes públicos haciéndolos más atractivos y económicos que el automóvil particular. En

la zona más densa de la ciudad es necesaria una mayor densidad de servicio con recorridos cortos entre estaciones y con horarios fijos. Adicionalmente se pueden construir estaciones de transferencia entre transportes suburbanos y urbanos, estas estaciones también deben de contar con estacionamientos para los usuarios de vehículos particulares que requieran desplazarse hacia el centro de la zona urbana.

En la zona suburbana se requiere transporte de recorridos más largos, más rápidos y con mayores recorridos entre estaciones. Estos transportes contarían con interconexiones a transportes urbanos a través de estaciones de transferencia. En el transporte interurbano con ciudades cercanas se los transportes serían rápidos y en lo posible procurar que no entren a la zona urbana.

Si se analizan estas directivas y se comparan con el estado actual del transporte público en la ciudad de México hay diferencias abismales. Adicionalmente es importante tomar en cuenta que para sustituir a los automóviles particulares se requiere aumentar considerablemente la capacidad del transporte público que es ya de por sí, insuficiente. Estudios recientes en Alemania demostraron que para transferir solo un 10% del tráfico automotriz de carga por transporte ferroviario se necesitaría aumentar cinco veces la capacidad de carga de la red ferroviaria.

La sustitución de los automóviles por transporte urbano sólo se podrá hacer de manera gradual debido a los volúmenes e inversiones requeridas. Esta situación obliga a seguir tomando en cuenta al automóvil como uno de los más importantes medios de transporte.

#### **4.2. Acciones para el control de la contaminación de origen automotriz**

##### ■ Créditos a la compra de vehículos nuevos

Una de las propuestas más recientes de las autoridades ha sido la sustitución de vehículos antiguos y altamente contaminantes por vehículos con alta tecnología en control de emisiones. La propuesta comienza con la compra del vehículo antiguo por encima de su valor por parte de una empresa recicladora de materias primas con un subsidio gubernamental. Posteriormente el gobierno en conjunto con los productores de automóviles así como instituciones financieras, otorgarán un crédito en la compra de un vehículo nuevo.

Este programa es ambicioso e implica una carga fiscal considerable, sin embargo es interesante porque, de ser exitoso, lograría reducir considerablemente las emisiones del parque vehicular. Es importante tomar en cuenta que los vehículos antiguos altamente contaminantes en ocasiones pueden tener emisiones 100 veces superiores a las de un vehículo nuevo con tecnología de control de emisiones.

Un programa de este tipo ciertamente ofrece una mejor relación costo beneficio que los programas de combustibles alternativos o combustibles eléctricos.

#### ■ Restricciones a la circulación

Una de las primeras medidas establecidas en la ZMCM fue la implantación de restricciones al uso de los vehículos particulares. Inicialmente se aplicó esta medida de forma temporal, buscando disminuir las emisiones durante las temporadas críticas de calidad del aire.

Al aplicar restricciones al uso de los vehículos de forma temporal se observó una mejoría en las condiciones ambientales. Sin embargo las autoridades ambientales decidieron aplicar la medida de forma permanente. Al tener restricciones permanentes a la circulación, la población buscó resolver sus necesidades de transporte mediante la adquisición de un segundo automóvil. Desafortunadamente se carece de estudios confiables sobre el porcentaje de automovilistas que adquirieron un segundo vehículo.

Finalmente, las autoridades decidieron que los vehículos de año modelo 1993 o superior no se les aplicarían las restricciones a la circulación.

## ■ Combustibles alternativos

Existe una gran variedad de combustibles alternativos que ofrecen un mejor desempeño ambiental que la gasolina y cuya implementación ya es factible en aplicaciones automotrices. Entre los más accesibles se encuentran el gas natural y la electricidad. En ambos casos se requiere una inversión importante en infraestructura, así como compra o modificación de vehículos.

Existen programas de gas natural y vehículos eléctricos en la ZMCM. Ambos llevan varios años, sin llegar a tener un impacto significativo, debido a la falta de infraestructura y a los altos costos, así como a la ausencia de incentivos.

Actualmente los combustibles alternativos no ofrecen una adecuada relación costo beneficio si se les compara con un posible financiamiento a la compra de vehículos nuevos.

## **Capítulo 5 El Programa de Verificación vehicular de la ZMCM**

### **5.1 Antecedentes**

El actual Programa de Verificación Vehicular de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es producto de un proceso administrativo de gestión ambiental que inició el Departamento del Distrito Federal hace 21 años.

En 1975, personal de la entonces Dirección General de Policía y Tránsito inició la detención en la vía pública de vehículos ostensiblemente contaminantes. Los vehículos eran remitidos a un Centro de Diagnóstico; en ese entonces las autoridades contaban con un solo centro de diagnóstico para toda la ciudad. Aún no había normas de emisión y los automóviles eran revisados de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Para esa labor se empleaban equipos básicos y analógicos de diagnóstico automotriz. A los autos detenidos se les retiraba una placa, misma que podía ser recuperada una vez reparado el automóvil.

Durante la administración 1976-1982 se fue creando la infraestructura de un programa de inspección de emisiones contaminantes de automóviles, originalmente diseñado en un esquema centralizado y gubernamental. Para ello, el Departamento del Distrito Federal construyó 13 Centros de Verificación



Vehicular, en terrenos de su propiedad, operados por personal sindicalizado adscrito a la entonces Dirección General de Policía y Tránsito.

En 1982 los centros y el programa se transfirieron a la Comisión de Ecología del DDF. El esquema obligatorio cambió a voluntario. Se adquirieron equipos analizadores digitales con consolas de diagnóstico, algunos dedicados a la medición de opacidad en los humos de escape de vehículos a diesel. El servicio era gratuito y se promovía entre los automovilistas en la vía pública, en oficinas de gobierno, en clubes automovilísticos, etc. Aún no se habían expedido las normas oficiales y se medía únicamente monóxido de carbono (CO), con base en el manual "Champion", empresa fabricante de bujías, elaborado con las especificaciones de afinación de la industria automotriz.

En 1986, La Dirección de Reordenación Urbana y Protección Ecológica recibe la infraestructura de la extinta Comisión de Ecología y se plantea una verificación de 300 mil vehículos, con base en 12 unidades móviles y los 13 centros ya construidos del DDF. El servicio continúa siendo voluntario y gratuito. Las unidades móviles, equipadas con analizador de gases y fuente de energía, se ubicaban en supermercados, estacionamientos y avenidas principales, oficinas públicas, etc. Se inicia también el uso de calcomanías promocionales de la verificación.

En noviembre de 1988 se expidió el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que regula la verificación vehicular. Cuatro meses antes, en agosto, se arrancó el programa obligatorio a nivel metropolitano, con capacidad instalada para verificar 650 mil autos en los centros del Departamento del Distrito Federal. El programa tenía como objetivo verificar únicamente los autos modelos 76-82. El plan era hacer obligatoria la verificación de gases de escape para todos los vehículos anteriores a 1982 y dos años después para el 100% del parque vehicular. La infraestructura continuaba siendo de 13 centros con dos líneas promedio, más las 12 unidades móviles. Se solicitaron propuestas para abrir centros de verificación operados por empresas privadas, hubo varios interesados pero no se pudo hacer la licitación por razones administrativas.

En 1989 se descentralizó el sistema, abriendo la verificación vehicular a talleres mecánicos. Para autorizar como verificadores a los talleres mecánicos se hizo una invitación abierta, así como una promoción directa de CANACINTRA, dentro de su sección de talleres automotrices. Las solicitudes recibidas fueron evaluadas por un grupo de "ecologistas", miembros de CANACINTRA y funcionarios públicos, autorizándose más de 500 centros-taller. En ese año se inició el uso oficial y obligatorio de calcomanías de verificación. A partir de 1990 el programa de verificación vehicular se organizó de acuerdo a la serie de números y colores del programa Hoy No Circula. Se requirió a los automovilistas de dos

verificaciones al año, una cada semestre, donde el automovilista tenía un solo mes para verificar. En 1991 se empezaron a usar calcomanías holográficas para evitar la falsificación de las anteriores, hechas con serigrafía.

En 1992 se modificó el programa haciendo la verificación una sola vez al año. En mayo se expidió la primera convocatoria para asignar Macrocentros de verificación, con 5 líneas mínimo; como resultado, se autorizó la construcción y operación de 20 Macrocentros en propiedad de 6 empresas diferentes. Se suprimió el servicio de verificación en los 13 centros del DDF y éstos se convirtieron en centros de diagnóstico gratuitos.

En 1993 inició la operación de los Macrocentros y todos los centros de verificación vehicular, que para ese entonces sumaban más de 900 en operación, empezaron a usar analizadores de gases computarizados tipo BAR-90. Desde ese año, los vehículos de uso intensivo realizan su prueba de verificación en dinamómetro y únicamente en los Macrocentros

Los analizadores de gases computarizados tipo BAR-90 disminuyen al máximo la discrecionalidad del verificador. Poseen elementos electrónicos y de programación de alta seguridad, permiten el registro automático de cada operación realizada y conducen la prueba en tiempos prefijados.

A finales de 1993 se expide la segunda convocatoria para la autorización de centros especializados en verificación vehicular; se autorizan 6 Centros de tres líneas. En 1994 se inician los preparativos para la renovación del programa de verificación vehicular. Se les comunica a los propietarios de los centros-taller que deberán cumplir con todas y cada una de las regulaciones ambientales y urbanas vigentes para poder operar; durante el proceso de revalidación son canceladas alrededor de 300 autorizaciones por incumplimientos diversos.

El principal problema en los centros-taller era la venta ilegal de calcomanías. La venta de calcomanías se hacía a través del centro o de talleres mecánicos que realizaban de manera abierta prácticas fraudulentas. En su mayoría, éstas eran realizadas de común acuerdo con el dueño de un automóvil en mal estado mecánico o de un automovilista que no deseaba "perder el tiempo" llevando su auto a verificar. También ocurría cuando un mecánico no podía afinar adecuadamente un vehículo y sin que el propietario se diera cuenta, lo hacía pasar. Las prácticas fraudulentas más comunes eran:

- Utilización del "auto madrina", que consiste en probar en el analizador de gases un auto en buen estado mecánico y cargar los datos de otro auto en la computadora.

- Empleo del "ratón", dispositivo eléctrico que emula las revoluciones por minuto de un motor, con el fin de mantener acelerado el auto, disminuyendo sus emisiones, sin que la computadora lo registre.
  
- Alteración de las condiciones mecánicas del motor para pasar artificialmente la prueba. El truco más conocido a nivel mundial se denomina "lean and late", o sea empobrecer la mezcla aire-combustible y retrasar el tiempo del encendido del motor.
  
- "Maquila electrónica", acción que permite imprimir los certificados y calcomanías de verificación sin realizar prueba alguna de gases de escape. Para ello, algunos talleres empleaban computadoras caseras con un "software pirata" que emulaba los equipos BAR-90. Para evitar ser sorprendidos en estas actividades, el "auto madrina", el ratón o la maquila se usaban al final del día. Se cerraban las puertas del taller para impedir la entrada de inspectores, se juntaban las tarjetas de circulación de los clientes del día y se procedía a realizar las pruebas, una tras otra. Esta forma de corrupción en el Programa de Verificación Vehicular sólo pudo ser detectada mediante el análisis de los resultados de la prueba, usando los registros de la computadora o empleando los certificados de papel, que el propietario del centro tenía que entregar cada semana en las ventanillas de la Dirección de Ecología.

Para demostrarlo técnicamente, de la base de datos se escogen los autos con más de quince años de antigüedad y se comparan sus emisiones con la norma oficial mexicana vigente para autos 1994 y posteriores, que es la norma más estricta. Los autos 1994 y posteriores poseen convertidor catalítico y sistema de inyección electrónico, entre otros adelantos tecnológicos, que los hacen emitir 90% menos contaminantes que un auto con carburador. Un auto de más de quince años de uso, aún cuando tenga motor nuevo, no puede tener registros de verificación tan bajos como los de los autos nuevos. De esta forma se detectó que como mínimo, más del 30% de los autos con quince o más años de circular eran pasados de forma fraudulenta en talleres mecánicos autorizados como verificadores. Esto representa un verificación nula en al menos 300 mil vehículos.

Para eliminar este fraude masivo de verificaciones, el DDF decidió aplicar una medida de fondo: separar las actividades mecánicas de las de verificación y profesionalizar el servicio de verificación mediante empresas dedicadas exclusivamente a hacer cumplir la normatividad ambiental correspondiente. De esta forma se elimina la condición de "juez y parte" que el mecánico verificador tenía, ya que el afinaba los vehículos y después se autocalificaba. En esta condición, prevalecía el interés comercial de taller mecánico, que principalmente busca mantener su clientela y aumentar sus ingresos.

La reacción de un cliente rechazado en la verificación por el taller mecánico que le hizo la afinación era de desconfianza. Si el taller mecánico insistía en reparaciones mecánicas mayores y más costosas, el automovilista buscaba otra alternativa y ésta, en la mayoría de los casos, era conseguir otro taller de verificación que le "pasara" el vehículo sin tener que invertir más dinero.

Para ese entonces, la oferta de verificadores era tres veces superior a la demanda

Así, en 1995 se les notificó oficialmente a los cerca de 670 propietarios de centros-taller que ese año sería el último que podrían operar y en junio se expidió la tercer convocatoria para autorizar centros especializados en verificación, invitándolos a que se asociaran y buscaran profesionalizarse en el servicio de verificación ambiental.

Con el fin de avanzar tecnológicamente en la administración del programa, en enero del 95 inició la operación del laboratorio de emisiones vehiculares del DDF, a través del cual actualmente se evalúan diversos dispositivos de control de la contaminación y se tipifican de manera precisa las emisiones contaminantes de los vehículos que circulan por las calles de la Ciudad de México

De la tercera convocatoria para autorizar centros especializados en verificación, se aprobaron únicamente cuatro propuestas, debido a que el Comité de Evaluación consideró improcedentes las demás. Ante esta situación, en diciembre de ese mismo año se expidió una cuarta convocatoria y se logró la autorización de 8 centros más, para dar un total de 36 autorizaciones de centros especializados derivados de las cuatro convocatorias referidas.

En 1996 se retiraron todas las autorizaciones para verificar a los centros- taller y se iniciaron las acciones de saneamiento y renovación de la verificación vehicular con el programa de Verificentros denominado PRO-Ambiental.

Actualmente existen más de 80 Verificentros funcionando en la ZMCM y el Estado de México, la oferta ha superado nuevamente a la demanda. Aún se realizan muchas verificaciones de manera fraudulenta.

## **5.2 Relación costo beneficio del programa de verificación vehicular**

Uno de los aspectos que hacen único al programa de verificación vehicular de la ZMCM respecto a programas similares en otras ciudades del mundo es la frecuencia con la que se realizan las verificaciones. En la mayoría de las ciudades involucradas la verificación se lleva a cabo con una frecuencia de una vez cada



dos años, y en el mismo periodo de tiempo, en la ZMCM un coche deberá ser probado un total de 4 veces.

Los programas de verificación vehicular, en general, han probado ser poco efectivos para reducir las emisiones de los vehículos que no cuentan con control electrónico de la mezcla, ni encendido electrónico. Estos vehículos por lo general logran aprobar las pruebas al retrasar el tiempo de encendido y empobrecer la mezcla aire combustible, una vez que los vehículos han aprobado la inspección oficial se vuelve a alterar la mezcla y el tiempo de encendido de manera que no se afecte la manejabilidad del vehículo.

Por otra parte los vehículos que cuentan con tecnología avanzada de control de emisiones no requieren ser inspeccionados con tanta frecuencia. Los modelos con OBDII inclusive pueden ser evaluados solamente con la herramienta de diagnóstico.

En las ciudades donde se han implementado programas de inspección y mantenimiento se han invertido cantidades importantes de dinero en equipo de medición (una línea de verificación completa en la ciudad de México cuesta alrededor de 90000 dólares) y además se deben cubrir importantes gastos de operación y mantenimiento.

Es claro que el Programa de Verificación Vehicular en la ZMCM tiene un alto costo para el automovilista y no ha arrojado los beneficios esperados por las autoridades

### **5.3 Escenarios para el futuro de los programas de inspección y mantenimiento**

Ante el avance de la tecnología que prácticamente ha eliminado el requisito de contar con un equipo de medición y lo ha sustituido por una sencilla herramienta electrónica de diagnóstico, se ha presentado una importante oposición por parte de las asociaciones de propietarios de centros de inspección o talleres, muchos de los cuales aún no han cubierto sus inversiones originales. Este es el caso de varios países de la comunidad europea en donde los vehículos de año modelo 1998 y superiores podrán ser inspeccionados con una herramienta electrónica de diagnóstico

Los siguientes escenarios serían factibles para los vehículos con OBDII o EOBD.

1. La inspección se lleva igual que en la actualidad:

- Captura de datos del vehículo y propietario en el sistema
- Inspección visual de acuerdo a datos del fabricante
- Medición de gases

## 2. La inspección desaparece completamente para vehículos con OBDII o EOBD

### Razones:

- El vehículo cuenta con un sistema de monitoreo abordo, el cual funciona durante todo su ciclo de vida útil.
- El dueño del vehículo está pagando un alto costo por el sistema de control de emisiones y el sistema de diagnóstico a bordo (entre 200 y 300 dólares)
- Una inspección de emisiones sería redundante

### Condiciones

- Los vehículos con sistemas OBDII o EOBD deben de ser visiblemente identificables como tales para facilitar su supervisión.

### Desventajas

- Los niveles de emisiones, y por lo tanto la calidad del aire, no son controlables si el dueño del vehículo simplemente ignora la lámpara indicadora de falla.

3. La inspección se limita a la lectura de la memoria de fallas del sistema de diagnóstico.

- Esta prueba reduciría el costo y la complejidad de los actuales programas de inspección y mantenimiento y al mismo tiempo asegura la calidad del aire.
  
- La prueba se puede realizar en conjunto con inspecciones de seguridad del vehículo en los países que hacen este tipo de pruebas

Es muy factible que a largo plazo se adopte un protocolo de pruebas muy similar al indicado en el punto 3. Este protocolo ofrece ventajas para las autoridades ambientales, para el dueño del vehículo y permite a los centros de inspección seguir operando.

## **6 Conclusión**

Después de haber estudiado los mecanismos tanto de formación como de control de emisiones en los automóviles, actualmente la fuente más importante de emisiones en la ZMCM, es importante identificar las principales iniciativas que debería tener la política de prevención y control de la contaminación atmosférica . Existen 3 áreas importantes donde se debe actuar de inmediato para asegurar la calidad del aire en nuestra ciudad.

### **1. El tamaño de la ciudad**

El costo ambiental y los costos sociales y económicos de la mala calidad del aire y de la mala calidad de vida en general de la ZMCM, irán aumentando progresivamente a medida que la ciudad continúe creciendo.

Actualmente los recursos de la ciudad ya son escasos, los costos del suministro de agua y de energía aumentan a medida que se requiere obtener estos recursos desde fuentes cada vez más lejanas. Todo esto nos deja ver claramente que el costo para hacer viable una ciudad se incrementa considerablemente en razón del crecimiento de la misma, por lo menos con el nivel tecnológico actual.

Se concluye que parte de la solución a largo plazo para el problema de la calidad del aire de la ciudad, junto con el cual van implícitos muchos otros problemas urbanos, es frenar su crecimiento.

## 2.- La infraestructura Urbana

La fluidez del tráfico urbano es un factor casi tan importante en la generación de emisiones como los mismos vehículos. Mientras más tiempo pase un vehículo con el motor encendido en el tráfico urbano sus emisiones serán mayores, aún cuando se hable de vehículos de alta tecnología.

La infraestructura vial de la ciudad es claramente insuficiente, además carece del mantenimiento y de los sistemas de control adecuado. El resultado es una velocidad promedio del tráfico vehicular de 14 km/h, una de las más bajas del mundo.

## 3.- El parque vehicular

Se estima que alrededor de tres millones de vehículos forman el parque vehicular de la ZMCM. En sí mismo y al compararlo con el de otras grandes ciudades con problemas de contaminación atmosférica, el número total de vehículos no es tan grande. Es más importante la edad promedio del parque vehicular y la tecnología de control de emisiones con la que cuentan los vehículos.

El beneficio ambiental que se pueda lograr haciendo cada vez más estrictas las normas de emisiones para los vehículos nuevos, así como para los de modelos más recientes, es sin duda importante. Sin embargo las acciones que se han

tomado hasta la fecha para disminuir las emisiones provenientes de los vehículos más antiguos han resultado prácticamente inútiles.

Un factor importante que fomenta la existencia de un parque vehicular obsoleto en la ZMCM es el régimen fiscal. La estructura fiscal actual no toma en cuenta los costos ambientales y se limita a establecer las cuotas basándose en criterios puramente sociales -el que tiene más paga más- provocando que el costo de tener y operar un vehículo obsoleto sea muy bajo, mientras que el costo de adquisición y operación de los vehículos nuevos con alta tecnología en control de emisiones se hace cada vez mayor.

Una forma de inducir la renovación del parque vehicular en la ciudad ha sido el programa "hoy no circula", ya que sólo permite a los vehículos más modernos circular diariamente. Sin embargo este programa es insuficiente ya que el costo de tenencia y operación de dos o hasta tres vehículos obsoletos es menor que el costo de operación de un solo vehículo nuevo si se toma en cuenta la inversión inicial y la depreciación.

El programa de verificación vehicular ha probado no ser un medio efectivo para el control de los vehículos obsoletos, no obstante la frecuencia exagerada de las pruebas obligatorias. Los vehículos obsoletos logran fácilmente ser aprobados en la verificación mediante el uso de la práctica "lean and late" que consiste en el

retraso del tiempo de encendido y en el empobrecimiento de la mezcla aire-combustible, disminuyendo así los hidrocarburos y el monóxido de carbono mientras que aumentan radicalmente las emisiones de óxido de nitrógeno. Después de la prueba los motores son puestos a tiempo nuevamente y la mezcla se enriquece para que el vehículo recobre su manejabilidad, lo que hace inútil la verificación vehicular.

### **6.1 Proyectos actuales y futuros del gobierno de la ZMCM.**

El gobierno de la Ciudad de México y el de los municipios conurbados del Estado de México siguen utilizando el programa de verificación vehicular y el programa "hoy no circula" como sus principales "armas" para controlar la contaminación atmosférica.

Como se ha discutido en capítulos anteriores, el programa de verificación vehicular ha ido perdiendo gradualmente su efectividad a medida que los vehículos más viejos son aprobados de manera fraudulenta. Por otra parte, los beneficios del programa "hoy no circula" se limitan a los sectores sociales que pueden adquirir vehículos nuevos o de modelo reciente.



Adicionalmente el gobierno de la ciudad tiene otros programas entre los cuales se pueden mencionar.

## **6.2 Combustibles alternativos**

### 6.2.1 Gas L.P.

Este programa se ha concentrado en la utilización de gas L.P. y gas natural en vehículos que circulan en la ZMCM. La utilización del gas L.P. ha sido por mucho la opción más popular ya que tanto la conversión como el combustible son más baratos y accesibles. El gobierno de la ciudad permite a vehículos a gas L.P. de uso intensivo (propiedad de alguna empresa), circular diariamente siempre y cuando los vehículos sean “dedicados” (es decir que solo puedan utilizar gas L.P.). El uso de gas L.P. se ha limitado principalmente a flotillas, ya que pueden tener una central de suministro de gas en su base de operaciones y al tener rutas controladas no necesitan resurtirse de combustible en la calle.

Las emisiones de HC y CO de los vehículos a gas L.P. disminuyen respecto a un equivalente a gasolina; sin embargo las emisiones de NOx son más altas. Adicionalmente, los sistemas de gas L.P. requieren de un mantenimiento constante para comprobar que no se hayan desarrollado fugas en el sistema. No es difícil notar un intenso olor a gas cuando se pasa junto a un camión repartidor de referescos con unos cinco o seis años de edad; el gas que se escapa

representa emisiones de hidrocarburos no quemados que finalmente se convertirán en ozono mediante reacciones fotoquímicas.

El uso de gas L.P. para automóviles particulares es prácticamente inexistente debido a la escasez de estaciones surtidoras, lo que hace poco atractivo el uso de vehículos dedicados. Las autoridades no otorgan la exención del programa hoy no circula a vehículos particulares.

Los motores diesel de alta tecnología son ciertamente una mejor opción desde el punto de vista de emisiones que los vehículos a gas natural. Sin embargo las autoridades han concentrado todos sus esfuerzos en la adaptación de flotillas y vehículos de carga a gas natural. Se ha llegado al extremo de que los fabricantes de camiones de 3.5 toneladas (GM, Ford y Chrysler) ofrecen versiones de sus vehículos a gas L.P. con sistemas instalados en la línea de producción, mientras que los motores diesel que ofrecen no son necesariamente los de emisiones más limpias. No es costeable para los fabricantes ofrecer motores diesel de última generación ya que el volumen de ventas no lo justifica, entre otras cosas porque a los vehículos con motor diesel no se les permite circular diariamente a menos que cumplan con niveles de emisiones EPA 94 o superiores.

En el sector de camiones de 3.5 toneladas, no hay versiones con motor a diesel disponibles en México, principalmente como resultado de los beneficios que se otorgan a los vehículos a gas L.P.

#### 6.2.2 Gas natural

El gas natural es un combustible que ofrece emisiones considerablemente más bajas que las de los vehículos a gasolina. El gobierno de la ZMCM permite a los vehículos equipados para utilizar gas natural circular diariamente, incluso antes de que existiera el holograma cero. Esta última consideración resultaba absurda ya que en toda la ZMCM existía solamente una estación de recarga de gas natural (en el Instituto Mexicano del Petróleo) y ésta tenía capacidad para surtir unos 3 coches diariamente.

Los vehículos a gas natural estaban forzados por lo tanto a ser duales (es decir que pueden funcionar alternativamente con gas natural o con gasolina). Hasta que hubo disponibilidad de estaciones de recarga de gas natural, estos vehículos en realidad utilizaban gasolina y eran, de hecho, una forma cara de exentar el hoy no circula

Actualmente ya existe una estación de recarga de gas natural, la cual está ubicada cerca del Toreo, en el norponiente de la ciudad de México. La policía cuenta con una flotilla de patrullas a gas natural, las cuales, muy probablemente utilicen

gasolina durante la mayor parte del tiempo, siendo la excepción las que están asignadas a zonas cercanas al Toreo.

La utilización efectiva de gas natural depende del desarrollo de una red de estaciones de recarga; mientras esto no suceda, la utilización del gas natural solamente tendrá fines políticos y publicitarios.

### 6.2.3 Metanol y Etanol

#### Metanol

El uso de metanol y mezclas de gasolina con metanol ha sido evaluado en varias ciudades con problemas de contaminación ambiental. Se ha encontrado que sus emisiones de HC y CO son más bajas que las de la gasolina, sin embargo estos beneficios no son suficientemente importantes si se toma en cuenta que aumenta considerablemente el potencial de formación de ozono.

En la ZMCM también se evaluó el uso de metanol obteniéndose las mismas conclusiones.

## Etanol

Las autoridades locales y federales han planteado en fechas recientes la utilización de un 20% de etanol en la gasolina como un medio para “obtener emisiones más bajas”. El único país donde se ha utilizado etanol como un ingrediente del combustible es Brasil.

En el caso de México se planea obtener el etanol para combustibles a partir de caña de azúcar. La verdadera razón para la utilización del etanol es el aprovechamiento de la capacidad no utilizada de la industria azucarera nacional, lo cual es perfectamente justificable. Sin embargo los promotores del etanol están vendiendo al combustible como un medio de disminuir las emisiones, alegando falsamente que todos los vehículos están preparados para utilizar este combustible.

El etanol es un líquido higroscópico, lo que promoverá el aumento de la cantidad de agua en el sistema de combustible de los vehículos y en los tanques de almacenamiento de las gasolineras promoviendo así la corrosión en diversas partes metálicas del sistema

Adicionalmente las emisiones del etanol son más reactivas que las de la gasolina, promoviendo así la formación de ozono. Cabe señalar que el ozono es actualmente el principal problema de contaminación atmosférica en la ZMCM.

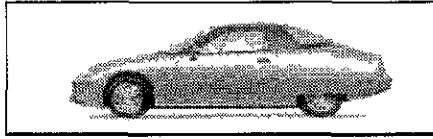
#### **6.2.4 Los vehículos eléctricos o “cero emisiones”**

El uso generalizado de vehículos eléctricos es teóricamente la única forma de eliminar completamente las emisiones en la ciudad, sin embargo esto provocaría que las mismas emisiones solo fueran desplazadas a zonas rurales en donde se encuentran las plantas generadoras de electricidad.

En la ciudad de México, el gobierno ha promovido el uso de vehículos eléctricos y se ha concentrado en unidades para el reparto de mercancías dentro de zonas con calles estrechas y mucho tráfico. En ocasiones estos vehículos circulan por las avenidas y además de no cumplir con las normas de seguridad mínimas que cumple un vehículo de gasolina, sus bajas velocidades contribuyen a obstaculizar el tráfico de otros vehículos.

*Existen vehículos eléctricos que cumplen con las mismas normas de seguridad que los vehículos a gasolina. De hecho General Motors y Honda han comercializado de forma experimental estos vehículos en algunas ciudades de los Estados Unidos. El EV1 de General Motors fue lanzado comercialmente en los estados de California y Arizona, El vehículo no se vende directamente al público sino que se arrienda por un plazo limitado con un valor base de 35,000 dólares. El EV1 es un caso excepcional en los vehículos eléctricos ya que todas sus*

prestaciones (excepto el rango que es de aproximadamente 100 millas) son comparables a las de un vehículo de gasolina.



El EV1 de General Motors

Aunque ciertamente los vehículos eléctricos son muy prometedores, es necesario esperar a que la tecnología de baterías haga a los vehículos eléctricos atractivos respecto a los de gasolina. Mientras esto no suceda, sus aplicaciones son muy limitadas.

### **6.3 EI PIREC**

El PIREC (Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes) es la más reciente iniciativa de las autoridades ambientales del actual gobierno de la ZMCM. El objetivo del PIREC es detectar a los vehículos de año modelo 1993 cuyos convertidores catalíticos se hayan degradado hasta el punto de que sean inútiles. Posteriormente se procedería a hacer lo mismo con vehículos 1994, 1995, etc, como mecanismo para poder circular todos los días.

El PIREC plantea certificar a talleres mecánicos (alrededor de 400) como los encargados de llevar a cabo una prueba de los convertidores catalíticos y eventualmente sustituirlos. De acuerdo al planteamiento original del PIREC, los

talleres serían responsables de dar un diagnóstico completo del tren motriz desde el punto de vista de las emisiones y de decidir si el coche puede o no puede obtener el holograma cero. De acuerdo a la información más reciente los talleres utilizarán el protocolo I/M 240 para llevar a cabo las pruebas. Posteriormente el dueño de un vehículo de año modelo 1993 deberá acudir a un verificentro y obtener su holograma cero.

Los propietarios de un vehículo 1993 estarían de hecho pagando por dos pruebas de emisiones distintas, lo que vuelve ridículo el ya de por sí exagerado requisito de hacer dos pruebas de emisiones por año, al convertirlo en un requisito de 4 pruebas por año.

*Uno de los problemas más grandes de los "centros taller" de verificación fue la corrupción; los talleres podían manipular fácilmente la prueba para aprobar a vehículos altamente contaminantes. Se estaba planteando entregar a los talleres un programa que tiene un potencial mucho mayor para la corrupción ya que el costo de un convertidor catalítico de repuesto puede ser de varios miles de pesos.*

Otra potencial complicación de este proceso hubiera sido el alto costo y complejidad del I/M 240. Todo el parque vehicular de modelos 1993 no hubiera sido suficiente para cubrir el costo de adquisición, operación y capacitación de una sola línea de verificación I/M 240.



Las autoridades ambientales son las encargadas de aprobar los diversos convertidores catalíticos de repuesto. Es notable que no se ha contactado directamente a los fabricantes de automóviles para que las piezas de repuesto originales sean aprobadas. Con esto se está dando el caso absurdo de que una pieza original de repuesto no sea aprobada por las autoridades mientras que una pieza del mercado de refacciones es aprobada. En algunos vehículos (como BMW) se utilizan sistemas de escape en acero inoxidable y no es posible (con el equipo del que se dispone en un taller mecánico) cortar el convertidor antiguo y soldar en su lugar uno de repuesto.

Es cuestionable el beneficio que se pueda obtener a partir de un programa como el PIREC, ya que los convertidores catalíticos pueden llegar a durar el doble de los 80,000 kilómetros que se mencionan en la literatura del PIREC siempre y cuando se use el combustible correcto y el motor se encuentre en buenas condiciones. Por otra parte, como ya se comentó antes, un programa de este tipo no hace nada para controlar a los vehículos que no cuentan con convertidores catalíticos y que son responsables de la mayor parte de las emisiones.

Finalmente el PIREC fue lanzado como un programa voluntario.

#### 6.4 ¿Donde buscar la solución?

Se vio anteriormente que la solución al problema de la contaminación atmosférica requiere de acciones en 3 áreas, el tamaño de la ciudad, la infraestructura vial y el parque vehicular. El mejoramiento del parque vehicular es el punto que concierne a este trabajo y la propuesta para la solución es la renovación del parque vehicular.

#### 6.5 La tecnología disponible

Es notable la disminución real en las emisiones contaminantes de los automóviles durante los últimos treinta años. En la siguiente tabla se puede ver cuál ha sido la disminución de las emisiones permitidas por la normatividad estadounidense.

Año modelo	Emisiones de hidrocarburos permitidas en gr/milla
hasta 1965	10.60 (estimado, no había controles)
1966	6.30 (primeras normas en California)
1970	4.10
1972	3.40
1975	1.50
1980*	0.41
1994**	0.25
TLEV	0.125
LEV	0.075
ULEV	0.040

\*Nivel permitido actualmente en México

\*\*Nivel requerido por la norma NOM-128-ECOL-1998, los vehículos que cumplan con estos niveles pueden obtener el holograma "00".

TLEV: "Transitional Low Emission Vehicle"; Vehículo transicional de bajas emisiones

LEV. "Low Emission Vehicle", Vehículo de bajas emisiones

ULEV: "Ultra Low Emission Vehicle"; Vehículo de emisiones ultra bajas

Si analizamos las cifras anteriores, notaremos que un vehículo modelo 1965 genera casi 26 veces más hidrocarburos por kilometro que un modelo 1994 asumiendo que el vehículo modelo 1965 fuera nuevo. En realidad este nivel de emisiones se llega a cuadruplicar en el promedio de vehículos de más de 15 años de antigüedad que siguen circulando por las calles de la ZMCM.

Las emisiones de un vehículo que cumpla con los niveles ULEV son 265 veces menores que las de un vehículo modelo 1965. Es factible lograr una disminución mayor ya que el 85 % de los hidrocarburos medidos en la primera fase de la prueba FTP-75 son emitidos antes de que el convertidor alcance su temperatura de trabajo. Con un sistema de precalentamiento del convertidor o un sistema de almacenamiento temporal de hidrocarburos (mientras el convertidor alcanza su temperatura de trabajo) se ha logrado reducir las emisiones a niveles no medibles.

Honda ha desarrollado un motor al que llama ZLEV (Vehículo con niveles de emisión nivel cero), almacena temporalmente los hidrocarburos para alimentarlos posteriormente al convertidor catalítico. Se han realizado mediciones con este

vehículo obteniéndose una mezcla de gases de escape más limpia que la atmósfera del sitio de pruebas.

Los motores de combustión interna de alta tecnología en control de emisiones representan la mejor alternativa desde el punto de vista de su relación costo - beneficio, al compararlos con combustibles alternativos o vehículos eléctricos.

## **6.6 Conclusiones**

Las acciones para luchar contra la contaminación atmosférica en la ZMCM se deben de concentrar en las siguientes tres áreas:

1. Renovación del parque vehicular
2. Mejoramiento de la Infraestructura Urbana
3. Limitar el crecimiento de la ciudad

### **6.6.1 Renovación del parque vehicular**

Las acciones contra la contaminación en la ZMCM se han limitado al programa de verificación vehicular y al programa "Hoy no circula " de restricciones a la circulación. Estas acciones han probado ser insuficientes.

Actualmente existen más de 90 verificentros en la ZMCM. Estos centros de verificación cuentan en promedio con 5 líneas de verificación; cada línea tiene un costo de aproximadamente 90,000 dólares.

De esta forma podemos estimar que la inversión total en equipos de verificación para la ZMCM es de más de 40 millones de dólares. Solamente con estos cuarenta millones de dólares, se podrían haber sustituido 16,000 vehículos altamente contaminantes por vehículos nuevos, de acuerdo al proyecto de “descarcachización” del gobierno del D.F. el cual proponía comprar vehículos de años modelos anteriores a 1980 por 15,000 pesos además de descuentos en impuestos tales como IVA, ISAN y tenencia así como diversos incentivos a la Industria Automotriz que permitirían reducir el costo del vehículo. Por ello podemos asignar un costo residual de 2500 dólares a cada vehículo subcompacto que participara en este programa.

Si fijamos las emisiones promedio de un vehículo 1980 o anterior en 10.60 gramos por milla de hidrocarburos y asumimos que los vehículos subcompactos elegibles para un programa de este tipo arrojaran emisiones de 0.25 gramos por milla de hidrocarburos, obtendríamos emisiones 42 veces menores por vehículo. Todo esto asumiendo que el modelo 1980 o anterior se encontrara en condiciones óptimas y que los vehículos nuevos se encuentren en el límite máximo de emisiones permisibles.

Este último ejercicio no incluye los costos de operación de los verificentros. Actualmente los verificentros ya han sido instalados, constituyen una fuente de empleo importante y es conveniente seguir realizando verificaciones periódicas (aunque tal vez menos frecuentes) de emisiones. La intención del ejercicio fue solamente cuestionar la utilidad de los actuales programas contra la contaminación

Aunque la inversión en los verificentros es de origen privado, han sido los automovilistas quienes han pagado el costo real del programa de Verificación Vehicular.

El esquema fiscal y de verificación vehicular favorece al dueño de vehículos altamente contaminantes mediante el cobro de tenencias bajas y la posibilidad de aprobar la verificación de su vehículo con el método *"lean and late"*. Al mismo tiempo el esquema fiscal impone tenencias más altas a los vehículos más nuevos.

Un vehículo altamente contaminante representa un alto costo ambiental para la ciudad, costo que se debería ver reflejado en los impuestos que se cobran al vehículo.

Es necesario crear un programa financiero para impulsar la compra de vehículos nuevos. Debido a la actual situación económica del país es necesario desarrollar

un sistema de créditos viable para la adquisición de estos vehículos. Adicionalmente se deben incorporar incentivos fiscales tales como no cobrar IVA, ISAN o tenencia a estos vehículos, por lo menos durante los primeros años. Es conveniente también agregar beneficios fiscales a las empresas fabricantes de automóviles que participen en el programa (por ejemplo no cobrar impuestos de importación a componentes para estas unidades), permitiendo de esta manera una disminución importante en los costos de fabricación.

Adicionalmente se pueden obtener recursos adicionales para el programa con la compra de los vehículos anteriores a 1980 procediendo a su reciclaje.

#### 6.6 2 Mejoramiento de la infraestructura urbana

La densidad de vehículos respecto a la superficie pavimentada de la ZMCM es bastante menor a la de algunas ciudades comparables. Sin embargo la velocidad promedio del tráfico en la ZMCM es de sólo 14 km/h. Es necesario invertir para que la infraestructura urbana mejore en calidad y permita aumentar el promedio de velocidad, con lo que se obtendrá una disminución considerable en las emisiones.

Adicionalmente se debe de incrementar la capacidad y la calidad del transporte público.

### **6.6.3 ¿Hacia donde va la ciudad y hacia donde queremos llevarla?**

No solo la contaminación atmosférica afecta la viabilidad actual de la ZMCM , La ciudad es ya tan grande que el suministro de agua, la estabilidad del suelo, los problemas sociales y otras complicaciones mantienen a la ciudad continuamente en estado de desastre y en el umbral de desastres aún mayores.

Es necesario planificar el crecimiento de la ciudad, y lograr que otras áreas urbanas se vuelvan atractivas. Esta es la verdadera solución a largo plazo de los problemas de la ZMCM.

Los tristes resultados de decada trás decada de falta de planeación urbana son evidentes, por más que nos esforcemos en no verlos. Actualmente la ZMCM está clasificada como el área urbana más contaminada del mundo por la organización World Watch. Muchas empresas transnacionales se ven obligadas a pagar sueldos más elevados de lo normal a empleados extranjeros para que éstos acepten trabajar en la ciudad.

Ante la falta de seriedad y continuidad en las políticas de control de la contaminación por parte del gobierno de la Ciudad de México y del Estado de México es nuestra obligación cuestionar las medidas que las autoridades han impuesto y participar activamente en la búsqueda e implementación de soluciones.



## BIBLIOGRAFIA

1. Archivos electrónicos de la Dirección de Gestión de la Calidad del Aire, Departamento del Distrito Federal, México D.F. 1997, 1998, 1999.
2. Informe sobre el Programa de Verificación Vehicular 1996  
Dirección de Gestión de la Calidad del Aire  
Departamento del Distrito Federal  
México D.F. 1997
3. Automobiles and Pollution  
Paul Degobert  
Society of Automotive Engineers  
Warrendale, Pensilvania  
1995
4. Situation and Perspectives: European On-Board Diagnosis from the Point of View of an Automotive Manufacturer.  
Dipl.-Ing. R.Kuss  
BMW-AG Central Customer Services Technology  
Munich, 1997
5. Sistemas de Diagnóstico a Bordo OBD-II}  
Centro de Capacitación de Servicio  
General Motors de México, S.A. de C.V.  
México, D.F. 1996.
6. La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica  
Gabriel Quadri de la Torre, Luis Rubén Sánchez Cataño  
Editorial Diana. México 1990.
7. Automotive Engineering  
Revista de la SAE (Society of Automotive Engineers)  
Varios números
8. SAE Technical Papers on CD-ROM  
Varios números