



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“PROPUESTAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL  
PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL, PARA  
DETERMINACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS EN  
VEHÍCULOS A GASOLINA, DE ACUERDO A LAS  
CONDICIONES PREVALECIENTES EN EL PAÍS.”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

**GILBERTO CHÁVEZ TÉLLEZ**

ASESOR: M. EN I. VÍCTOR HUGO HERNÁNDEZ GÓMEZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

A mis Papas.

Por el apoyo, comprensión y cariño que me brindaron a lo largo de toda mi formación académica. Pero muy en especial por la fuerza, coraje y empuje que me dieron durante mi estadía en la Universidad.

A mis hermanos.

A quienes simplemente agradezco su ejemplo y compañía a lo largo de este pedacito de tiempo llamado vida.

A mi Abuelita, Pilar, Elena y Alfonso.

Muchas gracias por todo el apoyo, amor y confianza que han tenido en mí durante toda mi vida. Pero sobre todo muchas gracias por la enseñanza de que cada día se puede y debe ser mejor.

También este agradecimiento se lo dedico a mi tío quien me enseñó que en un ambiente laboral duro, también se pueden tener momentos divertidos e inolvidables.

A mi tío Enrique y a Rosario.

A quienes agradezco y debo una muy, pero muy feliz y placentera niñez.

†

A mi Abuelo, a mi tía Eva y a Miguel.

Quienes aunque ya no están en este mundo terrenal, han seguido conmigo día con día en mi mente y en mi corazón.

A mis primos.

De quienes siempre obtuve muestras de afecto, muy buenos consejos y en especial unos ratos increíbles.

A mis amigos.

Por la ayuda, por la unión, por las parrandas, por los jalones de orejas y en especial muchas gracias por formar parte de mí ser.

## RESUMEN

Al ver un automóvil nuevo se puede intuir que este debió haber acreditado una serie de procesos de control de calidad, tanto de manufactura como de diseño antes de que sea lanzado al mercado y llegue a manos de su propietario. Este último será quien gozará del confort y las prestaciones que ofrece dicho auto nuevo, ¿pero como puede estar seguro el conductor de que su auto es confiable para él, los suyos y el medio ambiente?

Para dar esta seguridad el gobierno de cada país (y en algunos casos cada estado) cuenta con una serie de normas que deben cubrir satisfactoriamente los vehículos nuevos, para el caso de nuestro país estas normas son tres, son de carácter obligatorio y todas tienen el mismo nivel de importancia:

1. La NOM-079-ECOL-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.
2. La NMX-D-148-1979, que establece los lineamientos de la prueba para determinar la distancia en que un vehículo desacelera de 80 a 0 km/hr de acuerdo al procedimiento establecido por la misma.
3. Finalmente la NMX-AA-011-1993-SCFI, la cual determina el método de prueba para la evaluación de emisiones de gases del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usa gasolina como combustible.

Es en esta última norma donde se enfocará el presente trabajo de tesis, ya que el procedimiento actual será ampliado para poder tener un mayor control de las emisiones contaminantes a la atmósfera, por parte de los vehículos automotores a gasolina.

## ÍNDICE

Introducción	1
--------------	---

### **CAPITULO 1 ANTECEDENTES**

1.1	Composición del aire atmosférico	5
1.2	Presión atmosférica	6
1.3	La contaminación del aire	7
1.4	Orígenes del petróleo	8
1.5	Tipos de moléculas en los crudos y en la gasolina	9
1.6	Octanaje	11
1.7	El motor a gasolina	12
1.8	La combustión de la gasolina	13
1.9	Desempeño de la gasolina	16

### **CAPITULO 2**

#### **SISTEMAS ACTUALES PARA EL CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES**

2.1	Emisiones de escape	17
2.2	Convertidor catalítico	19
2.2.1	Catalizador de reducción	20
2.2.2	Catalizador de oxidación	21
2.2.3	Sistema de control	21
2.3	Recuperación de los gases de escape	23
2.4	Emisiones evaporativas	25
2.4.1	Emisiones evaporativas del carter	25
2.4.2	Evaporación de gasolina	27
2.4.2.1	Emisiones diurnas	28
2.4.2.2	Con el motor en marcha	28

2.4.2.3	Reposo caliente	28
2.4.2.4	Reposo y rellenado	29
2.4.2.5	Sistema de control de evaporativas	29

### **CAPITULO 3**

#### **MARCO LEGAL**

#### **DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL “MÉTODO CONVENCIONAL”**

3.1	Legislación ambiental	33
3.2	El problema de la contaminación en México	33
3.3	Método para cuantificar las emisiones de escape	40
3.4	Método para cuantificar las emisiones evaporativas “Método convencional”	46
3.4.1	Propósito de la prueba	49
3.4.2	Desarrollo de la prueba	51
3.4.2.1	Inicio	51
3.4.2.2	Vaciado y llenado de combustible	51
3.4.2.3	Pre-acondicionamiento (EPA-74)	52
3.4.2.4	Reposo frío	52
3.4.2.5	Calentamiento diurno	53
3.4.2.6	Prueba de emisiones de gases de escape (EPA-75)	56
3.4.2.7	Reposo caliente (hot soak)	56
3.4.2.8	Economía de combustible	57

### **CAPITULO 4**

#### **ESTABLECIMIENTO DEL “MÉTODO CONVENCIONAL”**

4.1	Lineamientos o limites permisibles	58
4.2	Propuestas de adecuación al procedimiento	61
4.2.1	Conjunción de los 2 ciclo de dinamómetro	61
4.2.2	Condiciones de altitud	62

4.2.3	Temperaturas de la prueba	64
4.2.4	Nuevo nombre para la norma AA-11	65

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES**

Conclusiones	67
Acrónimos	69
Bibliografía	71
Paginas de internet	72

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

1.1	La atmósfera	5
1.2	Metano	9
1.3	Hidrocarburos más comunes	10
1.4	Olefinas	11
1.5	Motorwagon	13
2.1	Componentes de instalaciones para tubos de escape	18
2.2	Ubicación de un convertidor catalítico	19
2.3	Catalizador de dos cuerpos y tres vías	20
2.4	Sistemas EGR	25
2.5	Sistema PCV típico de un motor en V	27
2.6	Diagrama esquemático del sist. de control de emis. evap.	30
2.7	Canister con solenoide de purga	31
3.1	Esquema gral. del equipo analizador de gases de escape	44
3.2	Diagrama del "Procedimiento Convencional"	48
4.1	Cámara (S.H.E.D.) marca Webber EM inc.	60



## ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Elementos nocivos totales en la atmósfera generados por los automóviles	15
3.1	Inventario de emisiones 1983	38
3.2	Inventario de emisiones 1994	38
3.3	Evolución del inventario de emisiones México	40
4.1	Límites máximos permisibles de emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas L.P. y gas natural.	59
4.2	Datos de actividad para los autos particulares de la ZMVM	62
4.3	Condiciones dada la altura de la región	63

## ÍNDICE DE GRAFICAS

2.1	Eficiencia de un catalizador de tres vías	23
3.1	Ciclo oficial EPA-75	42
3.2	Ciclo HWFEC	50
4.1	Temperatura máxima, mínima y promedio mensual 2002	64

## INTRODUCCIÓN

El aire que durante muchos años se consideraba del todo inagotable, se convirtió rápidamente en el drenaje aéreo de todos los desechos gaseosos generados por el hombre, con la firme creencia de que “el viento se llevaba la contaminación”. A medida que aumentó la población de las grandes ciudades aumentó la emisión de gases ajenos a una atmósfera sana, enrareciéndola cada día más. Durante los años 60's se empezaron a levantar voces de científicos respecto a los cambios que estaba sufriendo la atmósfera principalmente en los países con un alto grado de desarrollo industrial; así poco a poco no solo los científicos, sino la población en general comenzaron a darse cuenta que no era tan inagotable, ni tan grande el aire como para absorber todo lo que se estaba vertiendo en el [1].

Para enfatizar la importancia del aire para la especie humana, es importante tomar muy en cuenta la siguiente relación: una persona adulta requiere por día, aproximadamente de 15 m<sup>3</sup> de aire atmosférico, mientras que sólo absorbe unos 2 lt de agua y menos de 1.5 Kg. de alimentos. Por tanto la vida en términos de estos parámetros, necesita del aire más que de cualquier otra sustancia. Dado que un ser humano inhala y exhala aire en forma involuntaria, es obvio que la contaminación resulta ser un problema crítico que pone en peligro la vida. Más aun, se puede vivir sin comer unas cinco semanas, solo unos cinco días sin tomar agua, pero sin aire no

---

<sup>1</sup> Guerra Luis Manuel. Libro: El Aire Nuestro de Cada Día. Edit. Diana, 1995. Págs. 21-24.

resistimos más de 5 minutos. El aire también desempeña un papel importante sobre los sentidos de la visión, del olfato y del oído, de ahí que el que este contaminado también los afecta notablemente.

Como se puede apreciar, la contaminación del aire es un problema sumamente grave e importante. Debe enfatizarse que los carburantes son, probablemente, los productos más importantes que se generan y posteriormente se venden manufacturados en las refinerías dado que una gran proporción del petróleo crudo (entre 30 y 70%) que llega a estos centros de conversión, es transformado en gasolina y diesel. Siguiendo el comportamiento de las ventas de estos productos en todos los países; industrializados y en vías de desarrollo, se observa un incremento año con año y la tendencia inevitable es que lo seguirán haciendo durante un periodo muy amplio del actual siglo XXI [\[2\]](#).

Por estas razones ha sido primordial generar técnicas y equipos de control de emisiones contaminantes, ya que el problema del deterioro ambiental es muy grave. Por ello se han establecido niveles máximos permisibles de emisión de los principales contaminantes (aplicables a los equipos nuevos), estos límites abarcan a todos los sectores, sin embargo este trabajo de tesis se enfoca al sector automotriz, en particular a las emisiones contaminantes evaporativas y en la norma que el gobierno mexicano, a través de su dependencia PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), instaurará para este año y aplicará como requerimiento para permitir la venta de cualquier vehículo automotor nuevo, que use gasolina.

---

<sup>2</sup> Schifter Isaac. Libro: Usos y Abusos de la Gasolina. Edit. FCE, 1998. Págs. 11-13

En este contexto se ubica el objetivo del presente trabajo de tesis, en el cual se explica cómo actualmente los gases contaminantes a partir de la gasolina y los automotores se están reduciendo, legislando y normalizando en México, actualmente a través de la norma NMX-AA-11-1993-SCFI (la cual solo evalúa gases de escape), pero sobre todo explica como esta norma se actualizará a estándares internacionales al complementarla con el procedimiento para la determinación de emisiones evaporativas, el cual comenzará a operar a partir de mediados del próximo año 2006; todo esto con el único fin de mejorar la calidad del aire atmosférico.

El Capitulo 1 describe como se generan y que son las emisiones contaminantes en especial las evaporativas, además de mostrar un panorama general de cómo opera el motor de combustión interna, el cual finalmente es el mayor generador de la contaminación aérea.

El Capitulo 2 contiene los avances que se ha tenido en el control de las emisiones contaminantes vehiculares en las ultimas décadas y el como funcionan los sistema de control.

El Capitulo 3 muestra el “método convencional” para generar las emisiones evaporativas en laboratorio y así obtener los resultados, medirlos y compararlos contra los niveles permisibles.

El Cuarto capítulo explica cómo este método que está diseñado por la Agencia de Protección al Ambiente de los E.U. (EPA), se pretende adecuar para su uso en México, dadas las diferencias existentes en las condiciones ambientales y de la gasolina misma.

Tal vez el primer dictamen jurídico formulado acerca del medio ambiente se dio en España por el juez, Soleiman Ben Asuad, que en 852 DC hablaba sobre “la colocación de tubos en la parte superior de cada horno, de manera que los humos salieran a cierta altura y no perjudicaran a los vecinos”.

# CAPITULO 1

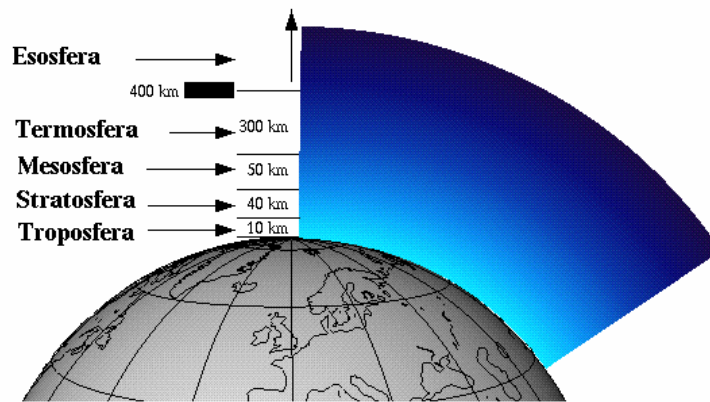
## ANTECEDENTES

### 1.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE ATMOSFÉRICO

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea a nuestro planeta y se extiende hasta unos 400 km por encima de la superficie, aunque solo hasta una altura de unos 5 o 6 km se considera adecuada para la vida, a esta mezcla de gases se le denomina aire. Dicho aire esta formado por nitrógeno (78.08%), oxígeno (20.94%) argón (0.93%) y anhídrido carbónico (0.03%) [COESA], así como por algunos otros elementos en cantidades relativamente menores como el helio, metano, criptón, ozono y algunos otros más, claro, en su estado natural (En la figura 1.1, se puede apreciar las principales capas de la atmósfera y las alturas aproximadas de cada una de ellas).

Este conjunto de gases denominados permanentes ejercen una presión en cada rincón del planeta, a esta se le llama presión atmosférica.

Figura 1.1 LA ATMÓSFERA



Fuente: [www.bo.astro.it/~universo/venere/Sole-Pianeti/planets/teratm.htm](http://www.bo.astro.it/~universo/venere/Sole-Pianeti/planets/teratm.htm)

## 1.2 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión se define como fuerza aplicada por unidad de área; esto es:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

La fuerza experimentada por cualquier área expuesta a la atmósfera terrestre es igual al peso de la columna de aire que soporte dicha área. La presión ejercida por esta columna de aire se llama presión atmosférica. El valor real de la presión atmosférica depende de la ubicación geográfica, temperatura y condiciones ambientales. Una referencia común de presión es una atmósfera, (1 atm) que representa la presión atmosférica ejercida por una columna de aire seco al nivel de mar a 0° C. La unidad del Sistema Internacional derivada para la presión se obtiene aplicando la unidad de fuerza de un Newton sobre un metro cuadrado, el cual a su vez es la unidad derivada de área. Una presión de un Newton por metro cuadrado (1 N/m<sup>2</sup>) se denomina un Pascal (Pa). Entonces, una atmósfera se define como sigue:

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa} = 2,116 \text{ lb/ft}^2 = 14.7 \text{ lb/in}^2 \text{ [1]}$$

---

<sup>1</sup> Resnick Krane. Libro: Física. Edit. CECSA, 1996. Pág. A-13

### 1.3 LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La contaminación atmosférica se refiere a cualquier cambio en el equilibrio de los elementos que a esta la componen, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes y esta en su mayoría es el resultado de una política de centralización de actividades económicas. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias y en especial el centro de atención de este trabajo; la contaminación generada por los vehículos automotores a gasolina.

Los principales contaminantes del aire se han clasificado en dos grandes grupos:

Primarios: Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: compuestos de azufre ( $\text{SO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ), compuestos de nitrógeno ( $\text{NO}$  y  $\text{NH}_3$ ), óxidos de carbono ( $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$ ), hidrocarburos, compuestos halogenados y partículas (en los que se incluyen las partículas sedimentables, en suspensión y los humos).

Secundarios: Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más



contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sulfatos,  $\text{NO}_2$ , nitratos aldehídos, cetonas y ácidos; sin embargo, los contaminantes secundarios más importantes por los problemas de contaminación atmosférica que causan son los oxidantes fotoquímicos, como el ozono troposférico.

Este trabajo centra su atención en los contaminantes primarios denominados “partículas”, ya que dentro de esta clasificación se encuentran los hidrocarburos [2], que para el caso, estos conforman las emisiones evaporativas.

Para tener un claro concepto de lo que son los hidrocarburos (de la gasolina), ahora se explicará el origen y composición del petróleo del cual se obtiene la gasolina y así comprender su relación con las emisiones.

#### **1.4 ORÍGENES DEL PETRÓLEO**

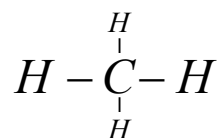
El petróleo se generó a partir de la descomposición de organismos vegetales y/o animales que poblaban el planeta hace unos 3,000 millones de años en el caso de los yacimientos más antiguos y entre 100 a 600 millones de años para los más recientes. Esta hipótesis se basa en la semejanza estructural de las moléculas del petróleo con las de plantas marinas y terrestres, así como de animales. La complejidad de las moléculas de los hidrocarburos es tal que no se puede explicar

---

<sup>2</sup> Def.: Hidrocarburo: Compuesto formado solo por átomos de carbono e hidrogeno.

su formación por los procesos geológicos, dicho en otras palabras, los procesos geológicos por si mismos no generan estructuras desde el punto de vista químico, sumamente complejas en su síntesis. Sin embargo, hemos de mencionar que algunos autores afirman que toda la gama de hidrocarburos existentes en el petróleo se formaron en las entrañas de la Tierra a partir del metano, el hidrocarburo más sencillo de todos desde el punto de vista estructural; estructura que se puede apreciar en la siguiente figura [1.2](#).

**Figura 1.2 METANO**



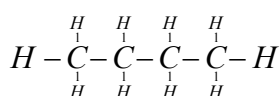
## **1.5 TIPOS DE MOLÉCULAS EN LOS CRUDOS Y EN LA GASOLINA**

El petróleo o aceite crudo está compuesto predominantemente de una mezcla de elementos químicos a base de carbón e hidrógeno con o sin otros elementos no metálicos como el azufre, el oxígeno, nitrógeno, etc., también puede estar compuesto de esas sustancias en estado gaseoso, líquido o sólido, dependiendo de la naturaleza de estos compuestos y las condiciones existentes de temperatura y presión. Del petróleo la gasolina es el derivado más y mejor conocido, por lo tanto esta también es una mezcla de hidrocarburos.

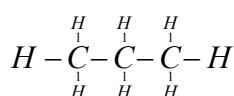
Ahora la manera como se unen los átomos de carbono e hidrógeno determina las familias de los hidrocarburos; la regla de unión es sencilla de entender y consiste en que el átomo de carbono tiene cuatro ligaduras, para asirse del hidrógeno que solo cuenta con una para el mismo propósito. Por ello la molécula más simple de hidrocarburo que se puede obtener (como ya se menciono) es la del metano, CH<sub>4</sub>, el cual es del tipo saturado.

Estos hidrocarburos saturados contienen el mayor numero de átomos de hidrogeno para un número dado de átomos de carbono. En este caso se trata de cadenas continuas de carbonos. En la figura [1.3](#) se muestran los elementos más comunes en nuestra sociedad de este tipo de hidrocarburos.

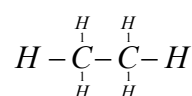
**Figura 1.3 HIDROCARBUROS MÁS COMUNES**



n – BUTANO



PROPANO



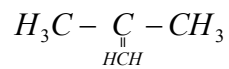
ETANO

Un ejemplo de combustible que contiene estos tres elementos y además metano en su composición original, es el gas natural [\[3\]](#).

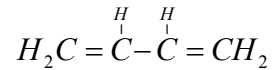
Alquenos: Contienen ligaduras de carbono con carbonos dobles. Obviamente los hay formados de cadenas continuas o ramificadas. Se les llama también olefinas y su estructura se muestra en la siguiente figura [1.4](#).

<sup>3</sup> Eugene A. Avallone. Libro: Marks, Manual del Ing. Mecánico. Edit. McGraw-Hill, 1995. Pág. 7-21

### Figura 1.4 OLEFINAS



ISOBUTENO



1-3, BUTAIDENO

Arenos: También conocidos como aromáticos; como por ejemplo el benceno, el es un compuesto cíclico que consta de 6 átomos de carbono y 6 de hidrogeno.

En México se comercializan dos tipos de gasolinas automotrices: PEMEX Magna y PEMEX Premium. Las cuales básicamente se componen de una mezcla de hidrocarburos, conteniendo moléculas con cadenas de 5 a 9 carbonos (hidrocarburos saturados, alquenos y arenos).

Adicionalmente, pasa por procesos de mejoramiento de sus características, así como de reducción al máximo de compuestos contaminantes como el azufre.

### 1.6 OCTANAJE

La mezcla de hidrocarburos más comúnmente conocida para el desempeño armónico de la gasolina en un motor, se llama octano, este esta formado por hidrocarburos ramificados y aromáticos, los cuales dan un impuso suave de los pistones. Por esta razón, las gasolinas se clasifican por lo general de acuerdo a su *índice de octano*.

El mayor octanaje en las gasolinas PEMEX Magna y PEMEX Premium permite su combustión sin causar detonación en los motores de los automóviles, previniendo su desgaste prematuro, principalmente en los de alta compresión. Asimismo, son de una mayor calidad ecológica, ya que no contienen plomo, elemento altamente contaminante al ambiente y perjudicial para el ser humano; a la vez, el menor contenido de azufre disminuye la emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, (SO<sub>2</sub>) principal causante de la lluvia ácida.

## **1.7 EL MOTOR A GASOLINA**

El primer motor a gasolina del alemán Gottlieb Daimler fue patentado en 1886 y consistía en una máquina de un solo cilindro vertical, refrigerada por aire y que funcionaba según el ciclo Otto. La mezcla explosiva se preparaba haciendo pasar aire a través de la gasolina dentro de una cuba de nivel constante y se encendía por medio de un tubo calentado desde el exterior (La primer bujía rudimentaria) e inserto en la culata del cilindro. Este vehículo se puede apreciar en la siguiente figura 1.5. Al mismo tiempo, Karl Benz se dedicaba a la construcción de motores pensados especialmente para automóviles. El motor construido en 1885, con un solo cilindro, difería del anterior en que estaba situado en posición horizontal, disponía de un sistema eléctrico de ignición y era capaz de moverse a velocidades relativamente reducidas, el sistema de ignición se provoca por medio de una bobina eléctrica de inducción, alimentada por un acumulador. La chispa era producida por medio de una bujía desmontable. Más

adelante aparece el carburador de flotador, inventado por W. Maybach en el cual el nivel de gasolina en la cuba se mantiene constante por medio de un flotador que mueve una válvula de aguja. La cuba de nivel constante comunica, a través de un surtidor muy fino, con el orificio de admisión del cilindro: la succión del cilindro hace que se inyecte en la toma de aire una lluvia extremadamente fina de gasolina, y la historia continúa hasta el automóvil moderno.

**Fig. 1.5 MOTORWAGEN**



### **1er automóvil patentado por Karl Benz**

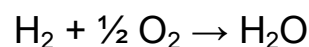
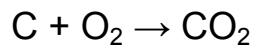
Fuente: [www.mercedes-benz.com/content/mbcom/international/international\\_website/en/com/international\\_home/home/heritage/history.html#mainnav](http://www.mercedes-benz.com/content/mbcom/international/international_website/en/com/international_home/home/heritage/history.html#mainnav)

## **1.8 LA COMBUSTIÓN DE LA GASOLINA**

La combustión en un auto es muy diferente de las combustiones simples y continuas que se suceden en otro tipo de aparatos como las turbinas de gas. Es intermitente y se da bajo condiciones complejas y variables. La eficiencia de la combustión es muy sensible a la calidad

del carburante y éste depende a su vez en forma estrecha de las condiciones de operación.

En los vehículos automotores, la energía química contenida en los combustibles se transforma en movimiento y como subproducto se genera calor y gases de combustión. Es importante hacer notar que el contenido energético teórico de la gasolina al ser quemada en presencia del aire, está relacionado directamente con el contenido de carbono e hidrógeno. La energía es liberada cuando el hidrógeno y el carbono son oxidados (quemados) para formar agua y bióxido de carbono. El octano de la gasolina no está relacionado con el contenido energético y son sólo los hidrocarburos presentes en la mezcla los que determinan la liberación de energía y que no se produzcan detonaciones indeseables. Las dos reacciones importantes son:



La masa o volumen de aire requerido para proveer suficiente oxígeno con el cual se alcance la combustión completa es un valor preciso. Pueden darse dos condiciones, la primera que la cantidad de aire sea insuficiente, los científicos hablan entonces de que la mezcla es "rica"; la segunda, que se da cuando la masa de aire es excesiva, se dice entonces que la mezcla es "deficiente o pobre". Como regla, un auto funciona con el máximo de potencia cuando la mezcla es ligeramente "rica" pero la economía de combustible se alcanza en mezcla "pobre".

Para el caso de autos que circulan en el Valle de México y/o en lugares con condiciones de altitud con respecto al nivel del mar significativo, la quema de combustibles en motores de combustión interna es todavía menos eficiente debido a la baja presión atmosférica y la deficiencia en la concentración de oxígeno en el aire. Recuérdese que el aire está compuesto por 78% de nitrógeno, 21 % de oxígeno y 1 % de otros gases. En sitios elevados el aire contiene menos oxígeno por unidad de volumen que a nivel del mar por su menor densidad al ser más baja la presión atmosférica.

Cuando la gasolina se mezcla con el oxígeno se producen reacciones aún antes de que la mezcla llegue a la cámara de combustión y persisten cuando se ha llevado a cabo y el frente de la llama avanza. Lógicamente esto determinará que el carburante se quemé "normalmente" o dé pie a combustiones "anormales" como el cascabeleo o la pre-ignición. En la siguiente tabla [1.1](#), se muestra la cantidad de gases que estas combustiones anormales arrojaron a la atmósfera en el año 1998.

**Tabla 1.1**  
**ELEMENTOS NOCIVOS TOTALES EN LA ATMÓSFERA**  
**GENERADOS POR LOS AUTOMÓVILES**

	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>
MILLONES TON. M.	5.55	3.2	0.20	260	16
% TOTAL EN LA ATMOS.	62	23	1	19	58

Fuente: Schifter Isaac. Libro: Usos y Abusos de la Gasolina. Edit. FCE, 1998. Págs. 132



## 1.9 DESEMPEÑO DE LA GASOLINA

Con el fin de evaluar en forma cuantitativa las emisiones producidas por los vehículos automotores, se han desarrollado procedimientos que tratan de reproducir las condiciones reales de operación en laboratorio. Las emisiones gaseosas reglamentadas en los automotores son: hidrocarburos no quemados, (HC y CH<sub>4</sub>) monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Aunque también los gases de escape emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), este no está regulado oficialmente por no representar aparentemente un grave peligro para la salud, pues aunque también este contribuye al calentamiento global de la tierra se ha comprobado que el gas metano (CH<sub>4</sub>) es más efectivo para atrapar el calor en la atmósfera. Todos y cada uno de estos gases se cuantifican como ya se mencionó en laboratorio, pero además del octanaje y las mejoras que recibe la gasolina, gracias a nuevos desarrollos, las emisiones también son controladas por elementos periféricos agregados al motor de combustión interna.

## **CAPITULO 2**

### **SISTEMAS ACTUALES PARA EL CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES**

El sistema de control de emisiones de cualquier vehículo nuevo tiene varios componentes que se usan para disminuir las cantidades de hidrocarburos, monóxidos de carbono y óxidos de nitrógeno. Los sistemas de emisiones no solo se requieren para controlar la cantidad de emisiones que se pueden escapar a la atmósfera por el tubo de escape sino también para no permitir que los vapores de gasolina se dispersen en la atmósfera como lo harían de manera natural, esto desde cualquier parte del sistema de alimentación de combustible y/o el motor mismo. El sistema se divide en dos partes.

- Control de emisiones de escape
- Control de emisiones evaporativas

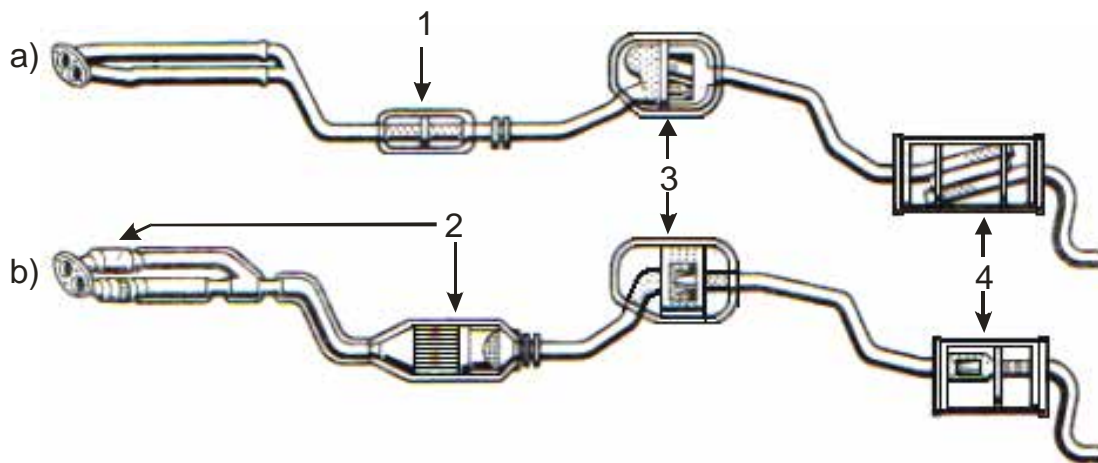
#### **2.1 EMISIONES DE ESCAPE**

La instalación de los tubos de escape reduce los productos contaminantes de los gases de escape que se forman durante el funcionamiento del motor y a continuación descarga los gases sobrantes por el lugar más idóneo posible del vehículo, de tal forma que sea lo más silenciosa posible (Para el caso de México este ruido de escape está estipulado en la norma NOM-079-ECOL-1994). Con esto el rendimiento del motor debe afectarse lo menos posible.

Según sea el tamaño del vehículo y el del motor, se utilizan uno o varios silenciadores. En motores en V a menudo las conducciones del lado derecho e izquierdo transcurren separadas, dotadas de catalizadores y silenciadores.

Toda la instalación de los gases de escape se fija a la parte inferior del chasis con elementos de sujeción elásticos. Los puntos de fijación deben seleccionarse cuidadosamente, pues las oscilaciones pueden transmitirse a la carrocería e influenciar en el nivel de ruido en el interior del compartimiento de pasajeros. El ruido en la desembocadura de la instalación de los gases de escape también puede provocar resonancias en la carrocería. En la figura [2.1](#) se pueden observar dos diferentes modelos de este conjunto; uno con catalizador y otro si el.

**Figura 2.1 COMPONENTES DE INSTALACIONES PARA TUBOS DE ESCAPE**



**a) Sin sistema de catalizador    b) Con sistema de catalizador**

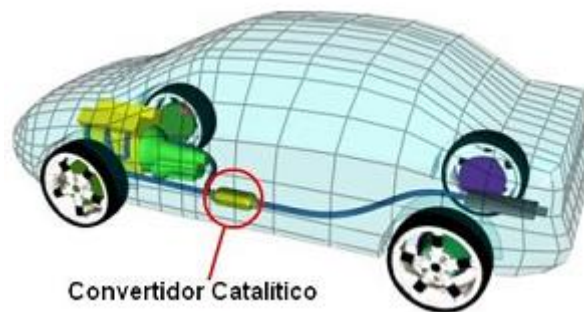
**1 Silenciador delantero    2 Sistema catalizador    3 Silenciador intermedio  
4 Silenciador trasero**

Fuente: Robert Bosch GMBH. Libro: Manual de la Técnica del Automóvil. Edit. Reverte. Pág. 430.

## 2.2 CONVERTIDOR CATALÍTICO

En el motor de Ciclo Otto el catalizador sirve para purificar los gases de escape. Se sitúa lo más cerca posible del motor para que alcance rápidamente su temperatura de operación y también tenga un buen funcionamiento en el tráfico de ciudad (Lo anterior se ejemplifica en la siguiente figura [2.2](#)). Aparte de la purificación de los gases de escape también asume tareas acústicas.

**Figura 2.2 UBICACIÓN DE UN CATALIZADOR**



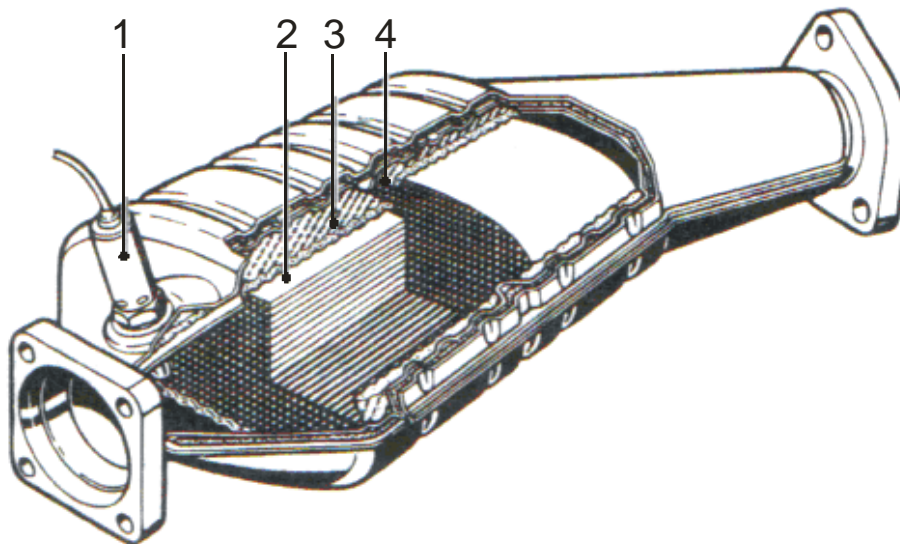
Fuente: [www.automotivecatalysts.com](http://www.automotivecatalysts.com)

El cuerpo del catalizador es de acero de alta calidad resistente al calor. Contiene monolitos cerámicos con recubrimiento activo. Se utiliza suspensión elástica para compensar los coeficientes de dilatación diferentes del acero y de la cerámica y para proteger al monolito sensible a los golpes y las vibraciones.

Los vehículos actualmente están equipados con convertidores catalíticos de tres vías (El cual se exhibe en la figura [2.3](#)); esto haciendo referencia a los tres contaminantes que debe reducir CO, HC

y  $\text{NO}_x$ . El convertidor utiliza dos tipos de catalizadores, uno de reducción y otro de oxidación. Ambos consisten de una estructura cerámica cubierta con metal normalmente platino, rodio y paladio. La idea es crear una estructura que exponga al máximo la superficie del catalizador contra el flujo de gases de escape, minimizando también la cantidad de catalizador requerido ya que es muy costoso.

**Figura 2.3 CATALIZADOR DE DOS CUERPOS Y TRES VÍAS**



**1 Sonda lambda (sensor de oxígeno), 2 Monolito, 3 Alojamiento de tejido de alambre, 4 Armazón doble aislado térmicamente**

Fuente: Robert Bosch GmbH, Manual de la Técnica del Automóvil. Edit. Reverte. Pág. 431.

### **2.2.1 CATALIZADOR DE REDUCCIÓN**

El catalizador de reducción es la primera etapa del convertidor catalítico. Utiliza platino y rodio para disminuir las emisiones de  $\text{NO}_x$ . Cuando una molécula de monóxido o dióxido de nitrógeno entra en contacto con el catalizador, éste atrapa el átomo de nitrógeno y libera

el oxígeno, posteriormente el átomo de nitrógeno se une con otro átomo de nitrógeno y se libera. Es decir, descompone los óxidos de nitrógeno en oxígeno y nitrógeno que son los componentes del aire y por lo tanto no son contaminantes.

### **2.2.2 CATALIZADOR DE OXIDACIÓN**

El catalizador de oxidación es la segunda etapa del convertidor catalítico. Este catalizador de platino y paladio toma los hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO) que salen del motor y los hace reaccionar con el oxígeno que también viene del motor, generando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### **2.2.3 SISTEMA DE CONTROL**

Existe una tercera etapa que monitorea los gases de escape del motor y utiliza esta información para controlar el sistema de inyección de combustible del motor. Se tiene un sensor de oxígeno en los gases de escape del motor antes de llegar al convertidor catalítico. Este sensor informa a la computadora sobre la cantidad de oxígeno existente en el escape, con esta información la computadora puede aumentar o disminuir la cantidad de oxígeno en el escape ajustando la relación aire-gasolina. El sistema de control le permite a la computadora asegurarse que el motor está funcionando con una relación muy cercana a la estequiometrica [1] ideal y además le permite mantener

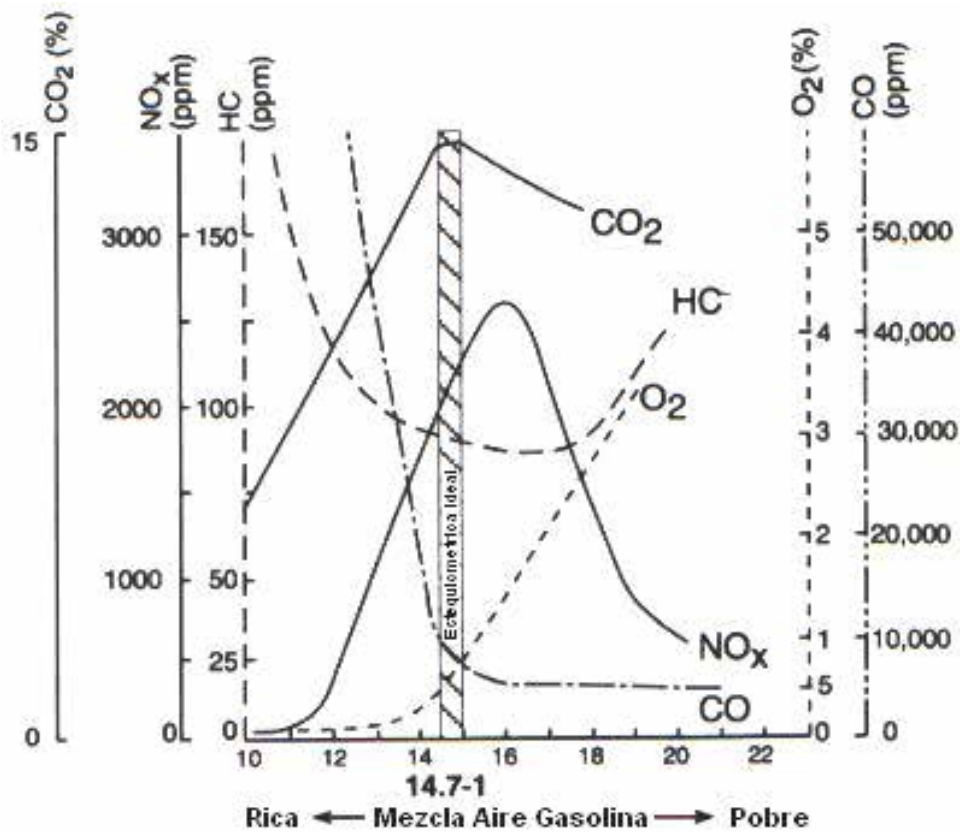
---

<sup>1</sup> Def.: Estequiometria: Relación de masa entre reactivos y productos en una reacción química.

suficiente oxígeno en el escape para oxidar los hidrocarburos y el monóxido de carbono.

El catalizador de tres vías es más eficiente en la conversión de HC, CO y NO<sub>x</sub> en la relación aire/combustible de 14.7:1. Si la mezcla se hace más pobre que 14.7:1 (oxígeno extra), se cae la habilidad de convertir NO<sub>x</sub>. Si la mezcla se hace más rica que 14.7:1 (menos oxígeno), se cae la habilidad de convertir HC y CO. Pero el convertidor catalítico requiere que los subproductos se vayan haciendo ligeramente más ricos y ligeramente más pobres para reducir efectivamente las emisiones. Es por esta razón que el sensor de oxígeno indica un promedio de 14.7:1, cambiando constantemente hacia delante y hacia atrás el umbral de esta mezcla. Para que el catalizador pueda oxidar los hidrocarburos y el monóxido de carbono, necesita recibir una fuente de oxígeno. Esto se cumple cada vez que la mezcla cambia a pobre. Por el contrario, el catalizador también requiere monóxido de carbono para reducir los óxidos de nitrógeno. Esto se proporciona cuando se cambia a rica la mezcla. La grafica [2.1](#) muestra el comportamiento de esta mezcla estequiometrica.

**Grafica 2.1 EFICIENCIA DE UN CATALIZADOR DE 3 VÍAS**



Fuente: OTC. Manual de usuario para equipo "Micro Gas". Edit. SPX Corporation, 1997. Pág. 35

### 2.3 RECUPERACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

Este sistema hace que algunos de los gases de escape se lleven de nuevo a la cámara de combustión para reducir la temperatura punta de la combustión. Puesto que la formación de óxido de nitrógeno aumenta desproporcionadamente con la temperatura de la combustión, la recuperación de los gases de escape como medida para reducir la temperatura de la combustión es un método muy eficaz para reducir el óxido de nitrógeno. Mediante una ulterior optimización de las relaciones de gas recuperado también puede reducirse el



consumo de combustible. La recuperación de gases de escape pueden obtenerse por:

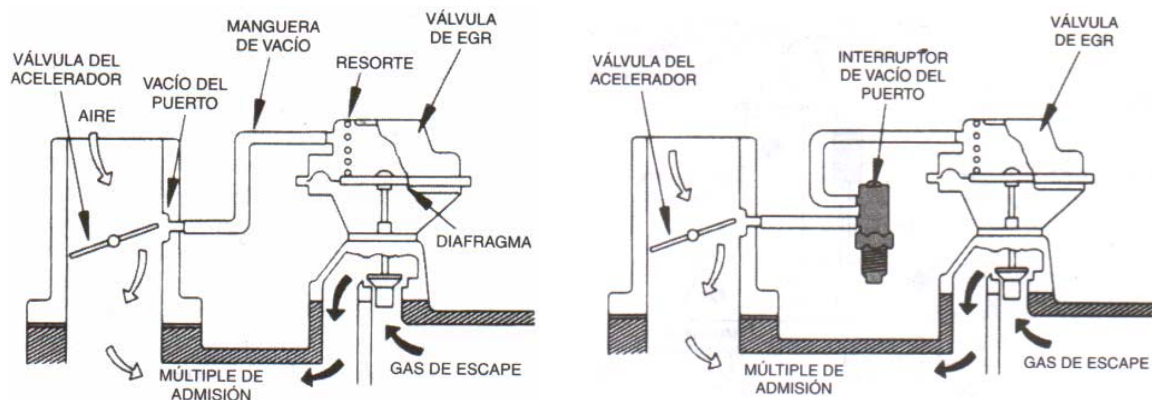
- Recuperación interior de gases de escape ([EGR](#))
- Recuperación exterior de gases de escape mediante válvulas de reconducción con regulación correspondiente ([PCV](#))

El sistema de EGR (Mostrado en la siguiente figura [2.4](#)) recircula una cantidad pequeña (entre 6% y 13%) del gas inerte de escape, de regreso al múltiple de admisión. El gas de escape más frío absorbe el calor de los gases de la combustión, mucho más calientes, lo que reduce la temperatura pico de combustión y a su vez disminuye la formación de  $\text{NO}_x$ . La menor temperatura de combustión también ayuda a reducir la detonación y otros tipos de combustión no controlada.

El sistema EGR incluye un pasaje entre el múltiple de escape y el múltiple de admisión. La válvula EGR abre y cierra este pasaje. La mayor parte de las válvulas de EGR tienen un diafragma con resorte, lo que forma una cámara de vacío en la parte superior de la válvula que se conecta mediante una tubería a un vacío de puerto en el cuerpo del acelerador (Figura [2.4](#), izquierda). Cuando no existe vacío en este puerto, el resorte empuja el diafragma hacia abajo, y mantiene el pasaje cerrado por lo que no hay recirculación del gas de escape. Esta es la situación durante la marcha en vacío del motor, cuando la formación de  $\text{NO}_x$  es mínima. Conforme la válvula del acelerador se abre, pasa más allá del vacío de puerto. El vacío del múltiple de

admisión actúa a través del puerto y tira del diafragma hacia arriba, lo que abre la válvula y algo del gas del escape fluye por la válvula hacia el múltiple de admisión. Con el acelerador totalmente abierto, el vacío del múltiple de admisión es bajo y la válvula EGR se cierra. Sin embargo, la combustión se efectúa más aprisa, por lo que no hay mucho tiempo para que se forme  $\text{NO}_x$ .

**Figura 2.4 SISTEMAS EGR.**



Izquierda, válvula EGR controlada directamente por un vacío de puerto.

Derecha, válvula EGR controlada por un interruptor de vacío de puerto, lo que impide se active la EGR mientras el motor esté frío.

Fuente: OTC. Manual de usuario para equipo "Micro Gas". Edit. SPX Corporation, 1997. Pag. 15

## 2.4 EMISIONES EVAPORATIVAS

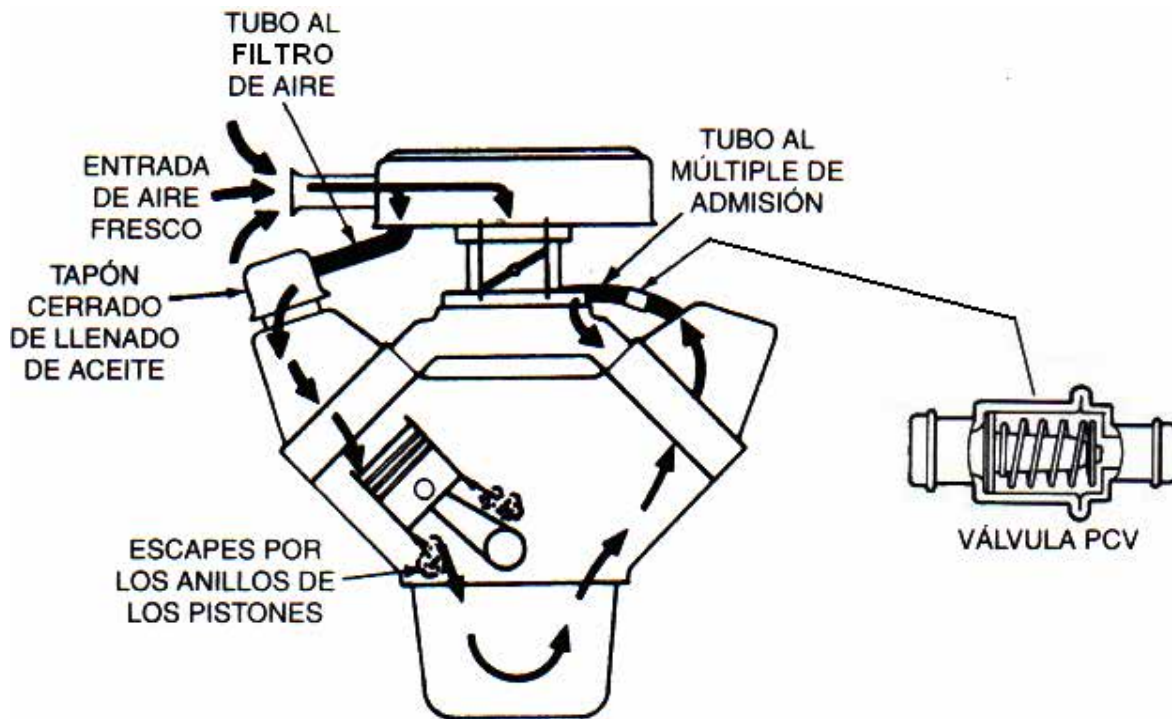
### 2.4.1 EMISIONES EVAPORATIVAS DEL CARTER

En un sistema PCV, el aire que pasa por el filtro es succionado a través del cárter por el vacío del múltiple de admisión. El aire toma los gases o los vapores que escapan por los anillos y los lleva al múltiple

de admisión, se trata principalmente de gasolina sin quemar (HC) y algunos productos de la combustión. Los vapores fluyen a través del múltiple de admisión hacia las cámaras de combustión, donde el combustible no quemado se quema durante combustión normal, mientras que antes los gases salían a la atmósfera sin ningún tratamiento. Además ayuda a prolongar un poco la vida del motor pues impide la sobre presión, que puede causar fugas de aceite y también impide la formación de ácidos y lodos corrosivos.

Demasiado aire fluyendo a través del múltiple de admisión durante la marcha en vacío puede desequilibrar la relación aire / combustible, lo que puede causar una marcha en vacío pobre y el motor se puede parar. Para evitar lo anterior se instala una válvula de control de flujo, llamada válvula PCV que tiene un orificio variable que sólo permite que fluya una pequeña cantidad de aire durante la marcha en vacío. Conforme se incrementa la velocidad del motor, el vacío se ve más reducido en el múltiple de admisión, así permite que la válvula se abra más y fluya más aire. La figura [2.5](#) muestra el esquema típico de un sistema PCV en un motor en "V".

**Figura 2.5 SISTEMA PCV TÍPICO DE UN MOTOR EN V**



Fuente: OTC. Manual de usuario para equipo "Micro Gas". Edit. SPX Corporation, 1997. Pág. 13

## **2.4.2 EVAPORACIÓN DE GASOLINA**

Con los sistemas de control de las descargas o emisiones y las formulaciones relacionadas a la gasolina hoy día, las pérdidas evaporativas se consideran como la mayoría de la contaminación de hidrocarburos totales de los modelos de los automóviles actuales. Es muy importante el control de estas emisiones, ya que estudios europeos recientes, han calculado que 40% de los compuestos volátiles orgánicos que produce el hombre provienen de los autos y las emisiones evaporativas ocupan el tercer lugar después de la evaporación de los diferentes solventes y de las emisiones del escape de los automóviles.

Las emisiones evaporativas ocurren de varias maneras:

#### **2.4.2.1 EMISIONES DIURNAS**

La evaporación de gasolina aumenta cuando la temperatura a lo largo del día se va incrementando, ya que se calienta el tanque de combustible y esto ocasiona la salida de los vapores que se desprenden de esta. Esta evaporación se da en un grado mayor al estar el sol en el cenit y en un lugar de clima calido.

#### **2.4.2.2 CON EL MOTOR EN MARCHA**

Los motores calientes y los sistemas de escape vaporizan la gasolina cuando el automóvil está en marcha. Esto se da por los sistemas de alimentación y dentro del mismo motor por las uniones del mismo.

#### **2.4.2.3 REPOSO CALIENTE**

Los motores al momento de ser apagados y de haber realizado un recorrido considerable (o haber llegado a su temperatura de operación) se quedan calientes, esto produce que la evaporación de la gasolina continúe aún cuando el carro esté estacionado, ya que las líneas de alimentación y retorno, las cámaras de combustión aun contienen combustible y los depósitos de aceite al estar calientes continúan desprendiendo vapores.

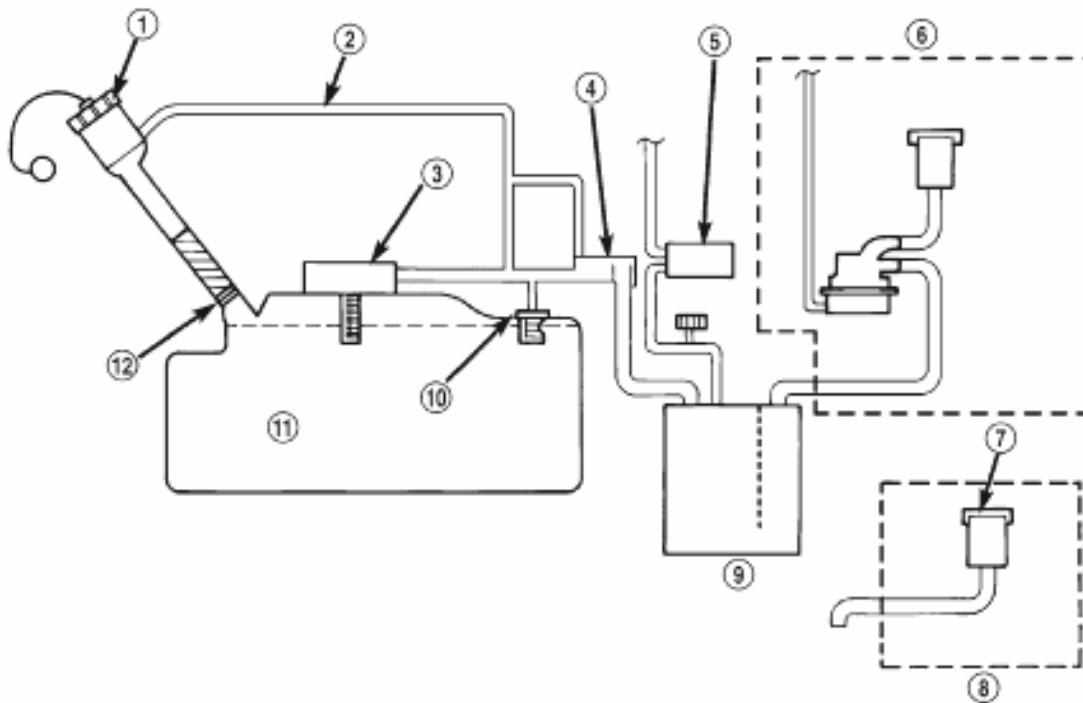
#### **2.4.2.4 REPOSO Y RELLENADO**

Los vapores de gasolina siempre están presentes en los tanques de combustible. Estos vapores son empujados hacia fuera cuando el tanque está lleno con el combustible líquido. Esto ocurre no solo cuando el tanque está lleno de líquido, sino también cuando se está rellenando el depósito.

#### **2.4.2.5 SISTEMA DE CONTROL DE EVAPORATIVAS**

El sistema de control de emisiones evaporativas principalmente evita la emisión de vapores del tanque de combustible a la atmósfera, este se presenta en la siguiente figura [2.6](#). Cuando el combustible está dentro del tanque estando el vehículo en reposo y este se calienta (Perdidas diurnas), el combustible se evapora del depósito. Gracias a este sistema los vapores pasan a través de las mangueras o tubos de ventilación (las cuales son de fabricación especial, resistentes al combustible y también deben cumplir los requisitos necesarios para proteger la capa de ozono), a una cámara de evaporación, esta se encuentra rellena de carbón activado y es comúnmente conocida como “canister”. El carbón activado en el canister adsorbe los vapores de combustible. “Adsorber” significa que los vapores de combustible quedan adheridos a la parte exterior de las partículas de carbón activo, por lo tanto los vapores no quedan atrapados (absorbidos) en el interior de las partículas del carbón.

**Figura 2.6 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES EVAPORATIVAS**

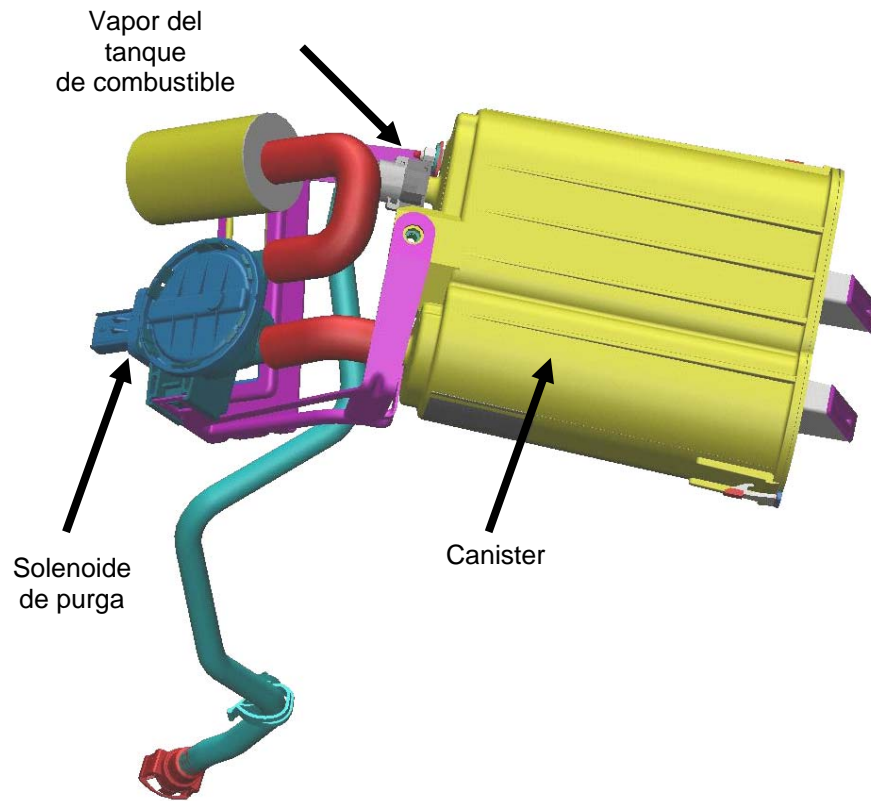


- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. Tapón de combustible                               | 7. Elemento de respiradero         |
| 2. Conducto de recirculación                          | 8. Sin bomba de detección de fugas |
| 3. Válvula de control                                 | 9. Canister                        |
| 4. Válvula de gestión de flujo (separador de líquido) | 10. Válvula de inversión           |
| 5. Solenoide de limpieza                              | 11. Depósito de combustible        |
| 6. Con bomba de detección de fugas                    | 12. Válvula de retención           |

Fuente: Editorial CEAC. Libro: Manual CEAC del automóvil. 2002. Pág. 839

En la figura [2.7](#) se puede apreciar a detalle el equipo o componente canister con sus accesorios.

**Figura 2.7 CANISTER CON SOLENOIDE DE PURGA**



Fuente: Editorial CEAC. Libro: Manual CEAC del automóvil. 2002. Pág. 839.

Posteriormente, cuando el motor arranca, fluye aire fresco por el canister y este toma el vapor de combustible, desprendiéndolo de las partículas de carbón, así el aire fluye al múltiple de admisión y forma parte de la mezcla de aire/combustible que entra a los cilindros del motor. Esta acción de eliminar los vapores de combustible atrapados del canister se le llama “purgar”. La operación del motor elimina, es decir “purga” el vapor de gasolina contenido en el canister.

Los sistemas y/o motores de inyección electrónica utilizan un solenoide de purga del canister (Figura 10) para abrir y cerrar la válvula de purga. Cuando se cumplen las condiciones para la purga



del cánister la computadora del auto lo activa, con lo que se abre la válvula de purga y permite el flujo de vapor del cánister hacia el cuerpo del acelerador. El control por computadora de la purga del cánister reduce las emisiones al escape, así como problemas en marcha en vacío y de conducción.

**CAPITULO 3**  
**MARCO LEGAL**  
**DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL “MÉTODO CONVENCIONAL”**

**3.1 LEGISLACIÓN AMBIENTAL**

Debido a la compleja naturaleza de la contaminación del aire se requieren planes detallados para identificar las fuentes de emisión, así como el desarrollo de métodos para reducir el impacto sobre la salud ocasionado por la exposición de los contaminantes, por ello es muy necesario establecer lineamientos que permitan la aplicación de leyes y bases jurídicas en lo concerniente a la protección del ambiente. Para tal efecto se debe contar con la participación tanto de los emisores, como de los legisladores; para el caso que nos ocupa estos serán las armadoras automotrices y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, (PROFEPA) ambas partes acuerdan los puntos que se han de cubrir o bien los niveles a reducir; ya que los procedimientos y leyes están en constante revisión. Este esfuerzo continuo no es algo de reciente creación en nuestro país, pues desde hace algún tiempo se han hecho investigaciones al respecto, mismas que sentaron las bases para las leyes que hoy rigen.

**3.2 EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN EN MÉXICO**

A continuación se hará una breve reseña de los estudios que se han realizado al respecto en el país, evidentemente la mayoría de estos trabajos han tomado sus datos en la Zona Metropolitana de la Ciudad

de México, pues dadas las características y ubicación geográfica y sobre todo la densidad poblacional es el área que mayores datos arroja y por ende la más afectada.

Contrariamente a lo que podría suponerse, el primer trabajo sobre contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México fue publicado en 1958 [1], es decir, hace ya más de 45 años. En dicho trabajo se presenta el primer inventario de emisiones vehiculares y se proponen formulaciones de programas de emergencia. Lo relevante de este estudio es que ya se señalan los problemas del crecimiento de la Ciudad de México y su relación con el incremento de la contaminación atmosférica. Asimismo, en el año de 1960, en otro estudio, se señala que los principales contaminantes eran el bióxido de azufre y las partículas suspendidas. En 1965, se recomendaba ya la implementación de programas de prevención y control de la contaminación atmosférica, entre los que destaca el uso de convertidores catalíticos para control de CO, NOx e hidrocarburos.

Entre 1965 y 1970 el grupo de investigación del Centro de Estudios de la Atmósfera de la UNAM, proponían que se promulgara una legislación ambiental que regulara la calidad del aire. Ya que los estudios elaborados en ese entonces, señalaban que se sobrepasaban los estándares de calidad del aire de varios países. En ellos, se encontró la primera correlación empírica entre CO y CH<sub>4</sub> y el

---

<sup>1</sup> Bravo Álvarez, Humberto. Perspectiva científica del problema de la contaminación atmosférica fotoquímica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Revisión Histórica. Seminario Aire y Política: Acuerdos y Desacuerdos en Torno a la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de México. El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. Abril 1996.

flujo vehicular y temperatura ambiente en la ZMCM. Nuevamente se hacia un llamado para que se implementaran estrategias de control de la contaminación en la Ciudad de México y en especial, de las emisiones ocasionadas por los escapes de los vehículos por el uso de tetraetilo de plomo en las gasolinas.

En 1970, a partir de la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se habría la posibilidad de llevar a cabo estudios con tecnología más adecuada para el análisis de la contaminación. Esto dio por resultado la publicación en 1971 de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. Posteriormente y con la participación de los sectores académico, industrial y social se publica el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la Emisión de Humos y Polvos.

Como puede concluirse de este breve recuento, la caracterización del problema del aire como una cuestión técnico-científica que aporta elementos para su surgimiento dentro de la agenda de gobierno.

Ahora de acuerdo con el planteamiento hecho por Godau [2], señalaremos las etapas de la política ambiental nacional de acuerdo a los periodos presidenciales:

---

<sup>2</sup> Lezama, José Luis. La Construcción Ideológica y Política del Problema de la Contaminación del Aire: el caso de la Ciudad de México. Seminario Aire y Política, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. Abril 1996.

1. **Periodo 1970-1976.-** Se caracterizó por establecer los lineamientos legales y organizacionales de la nueva política ambiental, en un marco de lucha por establecer un espacio burocrático entre los sectores establecidos. Esta lucha se expresó a través de intensos conflictos de competencia técnico-administrativa. La agudización de la crisis económica de 1974 finalmente determinó que el asunto de la contaminación fracasará en asentarse como política pública.
  
2. **Periodo 1976-1982.-** Se caracterizó por intentar renovar la política ambiental bajo el liderazgo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, con lo cual surgieron nuevamente los conflictos interinstitucionales, lo que obstaculizó la efectividad de las acciones. Nuevamente, con la crisis económica que se presentó en 1982 se dio inicio a una segunda versión de la Ley Federal Ambiental, la cual siguió siendo ineficiente.
  
3. **Periodo 1982-1988.-** En esta etapa se elimina la responsabilidad del sector de salud pública de la lucha contra la contaminación. Se crea así la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la cual lanzaba su “Programa Nacional de Ecología 1984-1988” entre cuyas metas se encontraban el abatir la contaminación atmosférica promedio en 30% aproximadamente y reducir y controlar en 12% la contaminación ambiental. Finalmente, en 1987 el regente de la ciudad Ramón Aguirre concertó un programa contra la contaminación ambiental denominado “Programa de

Concertación DDF-Grupos Ecologistas”. En el se planteaba desalentar voluntariamente el uso del automóvil, mediante el impulso al programa “Hoy No Circula”.

4. **Periodo 1988-1994.-** En este sexenio, la contaminación ambiental adquirió niveles críticos. Los valores del índice IMECA, se incrementaron en 41% durante 1990 a 1991, y el número de días en que se excedió la norma ascendió a 286 días [3]. Por lo cual, se diseñó el programa denominado “Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA)”. Principalmente enfatizaremos que se estableció la introducción inmediata de los convertidores catalíticos, los sistemas para reducir las emisiones evaporativas del combustible a los vehículos año modelo 1991 y la gasolina se elaboró con calidad ecológica internacional.
  
5. **Periodo 1994-2000.-** Las medidas adoptadas frenaron la tendencia alcista de algunos de los contaminantes atmosféricos (como en los casos del plomo, bióxido de azufre y monóxido de carbono), aunque las emisiones de hidrocarburos (HC) se incrementaron notablemente de 0.525 en 1983 a 1.025 millones de Ton/año para 1994 (Estas cifras se muestran en las Tablas [3.1](#) y [3.2](#)). Asimismo, tales logros en la reducción de emisiones se pueden considerar como temporales, si se toma en consideración el crecimiento de vehículos que se dio en los años siguientes a este periodo.

---

<sup>3</sup> Cfr. Jáuregui, E. Libro: Evaluación preliminar del impacto del programa “un día sin auto” en los niveles de contaminación en el Distrito Federal. Edit: Centro de Ciencias de la Atmósfera, GEO-UNAM. Vol. 1, No. 3, 1992. Pág. 17.

**Tabla 3.1 INVENTARIO DE EMISIONES 1983**  
(Ton/año)

Sector	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PST	TOTAL
<b>Vehículos</b>	10,986.5	38,982	385,002	3'599,995	12,811.5	4'047,777
<b>Industria</b>	400,587.5	93,002	140,014	120,012	140,999.5	894,615
<b>Total</b>	411,574	131,984	525,016	3'720,007	153,811	4'942,392

Fuente: UNAM, 1983, en Legorreta, Jorge. *Transporte y Contaminación en la Ciudad de México*, Centro de Ecología y Desarrollo, 1995. Pág. 196

**Tabla 3.2 INVENTARIO DE EMISIONES 1994**  
(Ton/año)

Sector	Fuente	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PST	TOTAL
<b>Industria</b>		26,051	31,520	33,099	8,696	6,358	105,724
<b>Servicios</b>		7,217	5,339	398,433	948	1,077	413,014
<b>Transportes</b>		12,200	91,787	555,319	2'348,497	18,842	3'026,645
	<b>Autos priv.</b>	6,061.5	31,913	253,865.7	1'044,008	10,321	1'346,169
<b>Veget. Y Suelos</b>		0	0	38,909	0	425,337	464,246
<b>Total</b>		45,468	128,646	1'025,760	2'358,141	451,614	4'009,629

Fuente: SEMARNAP. *Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México: 1995-2000*, SEMARNAP-DDF-EDOMEX, 1996. Pág. 74.

Respecto a las gasolinas mexicanas, se establecieron límites máximos a los contenidos de olefinas, aromáticos, benceno y presión de vapor. Se tiene una gasolina sin plomo y se redujo a un 92% el contenido de este elemento en la gasolina Nova.

6. **Periodo 2000-2006.-** Durante la presente administración se da seguimiento a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la cual tiene el alcance y finalidad de

acuerdo a su artículo 1º que al a letra dice:

**Artículo 1o.-** *La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:*

*I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;*

*II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;*

*III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;*

*IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;*

*V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;*

*VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;*

*VII.- Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;*

*VIII.- El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción*

*XXIX - G de la Constitución;*

*IX.- El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental, y*

*X.- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.*

*En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.*

Además para el fin que este trabajo persigue, también se aplica el “Programa para Mejorar la Calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México” 2002-2010 (Proaire 2002-2010).



Lo anterior nos da un panorama de lo que hasta hoy se ha logrado en materia de protección ambiental de una manera general. En la siguiente Tabla 3.3, se muestran cifras de los conteos que en cuanto a materia de emisiones contaminantes se han realizado en nuestro país a partir de la aplicación de los programas gubernamentales antes mencionados.

**Tabla 3.3 EVOLUCIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES MÉXICO**

	<b>NOx (ton/año)</b>	<b>SOx (ton/año)</b>	<b>HC (ton/año)</b>	<b>CO (ton/año)</b>
PICCA 1990	<b>100,010</b>	<b>179,945</b>	<b>313,900</b>	<b>2,505,360</b>
PICCA 1991	<b>177,390</b>	<b>205,860</b>	<b>572,320</b>	<b>2,951,025</b>
JICA 1988	<b>600,425</b>	<b>538,375</b>	-	<b>907,390</b>
TÜV 1992	<b>180,675</b>	<b>205,860</b>	<b>572,320</b>	<b>2,951,025</b>
BANCO MUNDIAL	<b>174,850</b>	<b>200,042</b>	<b>563,247</b>	<b>2,957,395</b>
PROAIRE 1994	<b>128,646</b>	<b>45,468</b>	<b>1,025,760</b>	<b>2,358,141</b>

PICCA: Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica, DDF, PEMEX, Edo. Mex, SEDUE, 1990.

JICA: Agencia Internacional de Cooperación de Japón.

TÜV: TÜV Rheinland Group, Alemania (Empresa privada consultora).

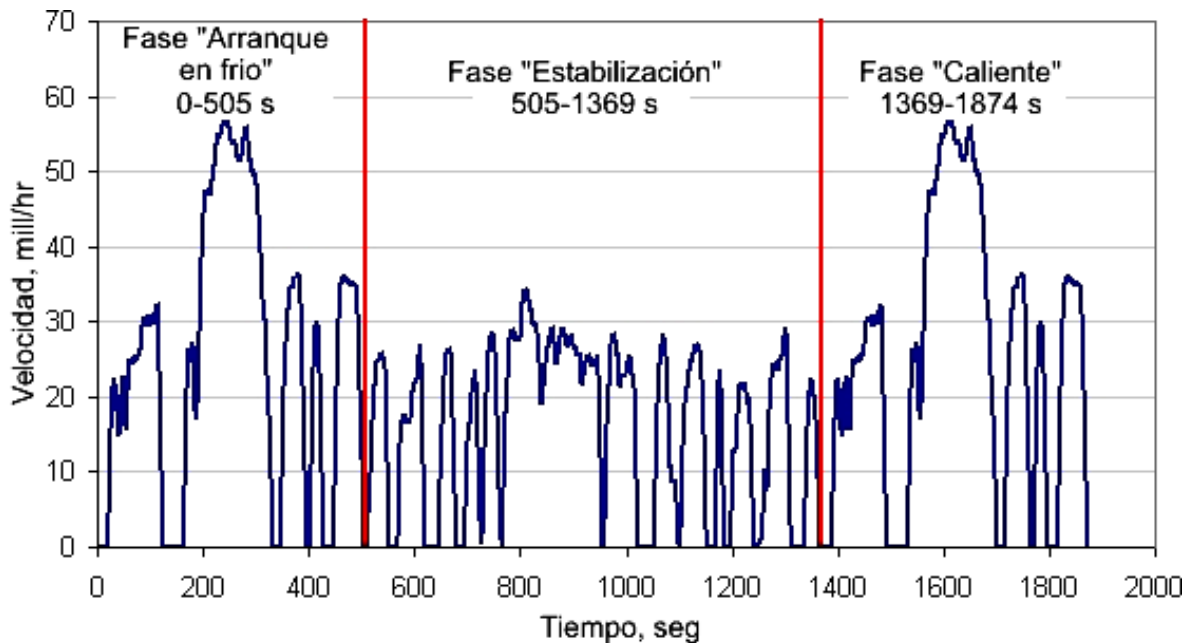
Fuente: SEMARNAT. Inventario de Emisiones, México: 2002. 2002. Pág. 40-60

### **3.3 MÉTODO PARA CUANTIFICAR LAS EMISIONES DE ESCAPE**

Ahora para el caso que ocupa este trabajo de tesis a continuación se describirá el procedimiento que se usa actualmente para la evaluación de emisiones de gases del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible.

Con el fin de evaluar en forma cuantitativa las emisiones producidas por los vehículos automotores, se han desarrollado procedimientos que tratan de reproducir las condiciones reales de operación en el laboratorio. Las emisiones gaseosas reglamentadas en los automotores como ya se ha comentado son: hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. La norma NMX-AA-11-1993-SCFI contiene el procedimiento federal de prueba [EPA-75](#) (Grafica [3.1](#)) empleado para certificar los automóviles nuevos en planta en México, esta norma nació de una similar (pero con menos restricciones y lineamientos, o sea adecuada a la época), que ha sido usada para los diferentes modelos desde 1975 en los Estados Unidos de Norteamérica. Así, ahora los fabricantes de automóviles deben entregar al Gobierno Federal los resultados de esta prueba, certificando la cantidad de contaminantes que emiten sus autos. Esto no quiere decir que todos los automóviles nuevos deban pasar la prueba, sino que cada mes debe tomarse una muestra de la producción y hacerlo; sobre todo si se trata de modelos nuevos o vehículos con modificaciones a los existentes. La prueba proporciona la caracterización más representativa disponible de emisiones de escape, economía urbana y de carretera de combustible y a partir de este año incluirá un apartado para la determinación de emisiones evaporativas.

**Grafica 3.1 CICLO OFICIAL EPA-75**



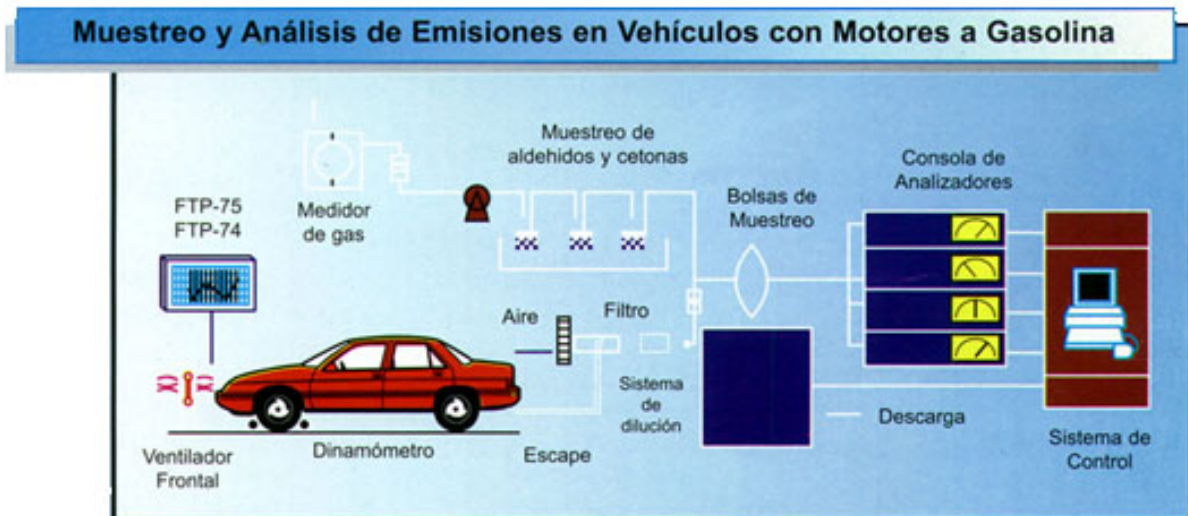
Fuente: [www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1350](http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1350)

Esta prueba se realiza en una celda de ambiente controlado donde la temperatura, la humedad relativa y otras condiciones pueden mantenerse dentro de límites específicos. Durante este proceso el vehículo se conduce en un dinamómetro de chasis con un programa de manejo de paro y marcha a una velocidad de máxima de 90 km/h. Ya sea mediante el uso de volantes de inercia y un freno de agua o bien un motor eléctrico, se reproducen las cargas que el vehículo experimentaría en un camino de ciudad principalmente (Sin tráfico) y carretera. Los gases de escape del vehículo se recolectan, diluyen y se mezclan completamente con el aire filtrado circundante a un flujo de volumen constante conocido. Las emisiones recolectadas incluyen un arranque en frío del motor mas un recorrido de aproximadamente 12 km y uno en caliente una vez que el auto ha descansado 10 minutos, el cual consta de otros 5.7 km. El dinamómetro de chasis, reproduce la

inercia del vehículo y la carga de camino, además de un ventilador de enfriamiento así se generará de mejor manera el efecto que un vehículo experimentaría en condiciones normales. Para cada clase de automóvil se asigna un peso de inercia y se especifica una carga de camino que toma en consideración la resistencia aerodinámica promedio del vehículo. Un día antes del arranque en frío programado, el vehículo debe ser "preacondicionado" o sea hará un ciclo EPA-74, el cual consta de únicamente los primeros 12 kilómetros del recorrido oficial, para después permanecer en reposo cuando menos 12 horas a una temperatura entre 20 y 30 °C y una humedad relativa entre 30 y 60%. En el momento de la prueba el auto se empuja para colocarlo sobre el dinamómetro de chasis (o bien se deja sobre de este) sin arrancar el motor y se conecta el sistema de correlación de emisiones al tubo de escape. El sistema de muestreo de emisiones y el vehículo de prueba arrancan simultáneamente, de modo que las emisiones se recolecten desde el arranque del motor, el conductor sigue un programa de manejo controlado, el Programa Urbano de Manejo en Dinamómetro, creado para representar el manejo urbano en promedio. El ciclo de manejo dura 1,877 segundos y cubre una distancia de 17.8 Km. aproximadamente. Las emisiones de escape que se miden cubren tres regímenes de operación del motor. Las de escape, en los primeros 505 segundos de la prueba son las emisiones transitorias frías y también cuando el vehículo se calienta gradualmente a medida que se maneja en el ciclo. Las emisiones mostrarán entonces los efectos de operación de arranque en frío y las características del calentamiento del vehículo. Cuando pasan los 864 segundos restantes del primer ciclo, se considera que ya se ha "calentado" el auto y las

emisiones son las llamadas "estabilizadas". El régimen final de la prueba tras la saturación en caliente es la sección "camino urbano" y muestra los efectos del arranque y marcha en caliente, esta última parte también tiene una duración de 505 seg. Las emisiones de cada una de las pruebas se recolectan en bolsas separadas, para analizar cuantitativamente su composición. Finalmente se cuenta la masa emitida de cada contaminante en gramos por kilómetro recorrido, por lo tanto este ciclo únicamente es usado para determinar la cantidad de contaminantes. En la figura 3.1 se representa de manera grafica el diagrama y equipo necesario para realizar las pruebas antes descritas.

**Fig. 3.1 ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE**



Fuente: [http://akbal.imp.mx/gaceta\\_e/nota.asp?nt=hoy031.asp](http://akbal.imp.mx/gaceta_e/nota.asp?nt=hoy031.asp) (I.M.P)

La economía del combustible es otro punto el cual se puede medir u obtener de dos formas; la oficial que se realiza en un dinamómetro de chasis que reproduce las velocidades y cargas típicas del manejo urbano y en carretera o bien la institucional; para la cual cada

armadora ha creado su propio ciclo y este se desarrolla en un camino real.

El ciclo del procedimiento de la norma NMX-AA-11-1993-SCFI (EPA-75) al igual que el ciclo EPA-74, son únicamente pruebas para determinar las emisiones de gases de escape (además de la economía de combustible), sin embargo estas pruebas están en función en México desde 1988 y el procedimiento que en este trabajo se explicará, tiene dos puntos que lo hacen destacar dentro de la legislación ambiental, no solo por lo diferente del método para la obtención de los resultados, sino por su reciente aplicación en México y que este aumentara el alcance de la norma NMX-AA-11-1993-SCFI, la cual establece el procedimiento para la evaluación de las emisiones de los gases provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos en planta, que usan gasolina como combustible, con peso bruto vehicular hasta de 3,857 Kg. No se aplica a motocicletas, ni a vehículos con cilindrada menor de 820 cm<sup>3</sup> [4].

Los puntos son:

- Aplicable a partir del próximo año 2006
- Solo para emisiones evaporativas

---

<sup>4</sup> Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, hoy día este es documento a cargo de la SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-11-1993-SCFI. Pág. 2. Capitulo: Objetivo y campo de aplicación.

### **3.4 MÉTODO PARA CUANTIFICAR LAS EMISIONES EVAPORATIVAS “PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL”**

La prueba se lleva a cabo en dos sitios, uno como ya se mencionó en una celda o cámara de ambiente controlado y la segunda dentro de una Cámara Sellada para Determinación de Evaporativas (S.H.E.D.).

Este equipo, está constituido por los siguientes componentes:

- PC
- PLC
- Analizador de hidrocarburos.
- Colchoneta termoeléctrica.
- Sistema de refrigeración y calefacción.
- Sistema detector de fugas.
- Sistema de ventilación y purificación de aire.
- 2 cilindros con gases especiales y 3 de gas de calibración.
- Sistema para compensar presiones dentro de la cámara.
- Sistema neumático, para sellar la cámara y abrir la puerta.
- Paredes, piso y techo herméticamente sellados.
- Sistema de iluminación.
- Termopar o sistema para lectura de temperatura del tanque de gasolina.

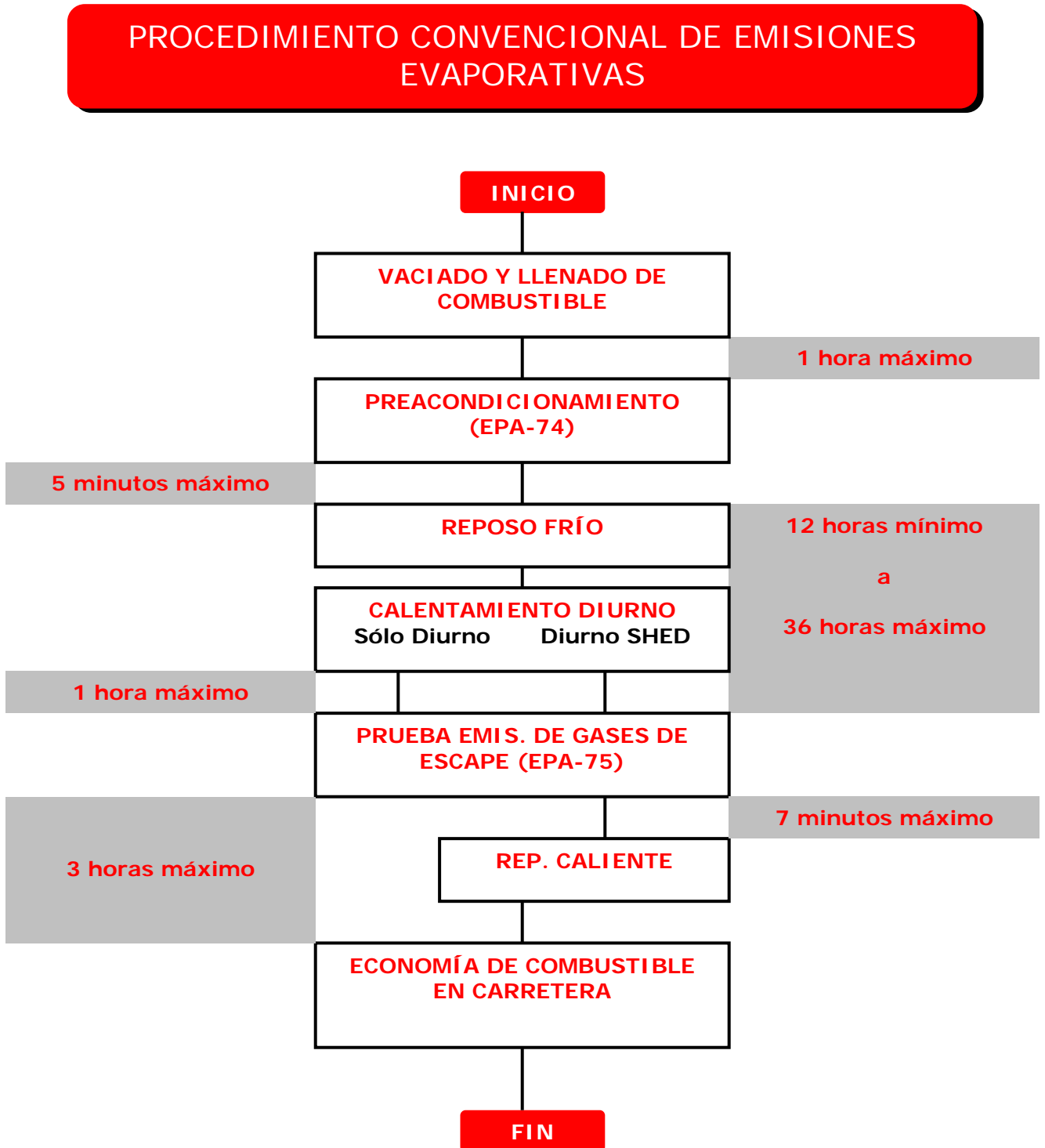
En esta cámara los gases generados durante la prueba, se recolectan y queman completamente con el aire de los tanques especiales a un flujo de volumen constante conocido, después se comparan dentro del analizador de gases, ahora con los gases de calibración. Este

procedimiento se conoce como “detección de ionización por flama” (F.I.D.).

El procedimiento se realiza según el diagrama de bloques que a continuación en la figura [3.2](#) se muestra.



Fig. 3.2 DIAGRAMA DEL “PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL”



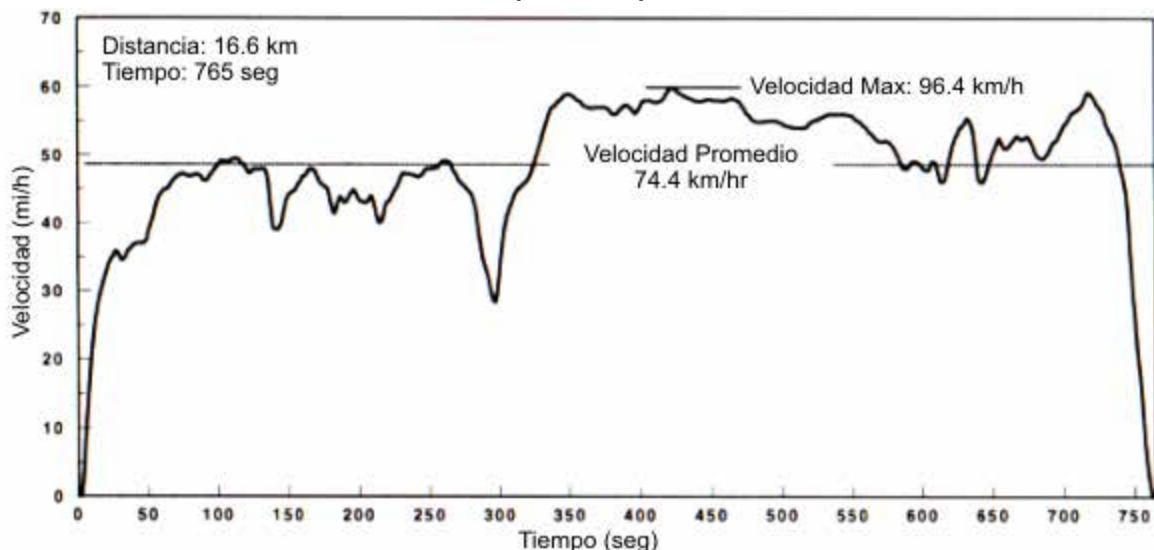
### 3.4.1 PROPÓSITO DE LA PRUEBA

Esta prueba representativa simula en su primera fase, que el vehículo tuvo un recorrido de ciudad, paso a la gasolinera y después fue estacionado a la intemperie pero obviamente el transcurso noche-día es considerado como templado (22 °C), en esta parte el combustible reposaría completamente por lo tanto dejaría de haber presión en la línea de abastecimiento hacia el motor y también en las líneas del propio sistema de emisiones evaporativas, pues por la noche y al estar el motor apagado la temperatura de la gasolina también desciende por lo tanto no se generarían vapores. Después se supone que el día sigue con su ciclo normal, por lo tanto la temperatura dentro del tanque de combustible se iría incrementando hasta llegar a la temperatura más alta del día, esto significa aproximadamente a las 12:00 hr., (Temperatura de la gasolina arranca en 15 °C hasta llegar a 29 °C) esto generaría vapores de gasolina dentro del tanque, a su vez estos vapores generarían presión y por lo tanto buscarían un lugar por donde salir. En este punto es donde se aprovecha un pequeño espacio que esta hecho para quedar sin gasolina, este se localiza justo en la parte superior del tanque y en conjunto con la válvula anti-vuelco, el tapón de gasolina y el canister no permiten la salida de los vapores en exceso (como ocurriría en un auto si este sistema). Después se supone que el propietario del vehículo se sube en el y realiza un viaje de ciudad y carretera. Al término de este recorrido nuevamente el auto queda estacionado a la intemperie, pero esta vez se supone que el lugar donde ahora se encuentra tiene una temperatura de 35 °C, lo que generará no solo emisiones evaporativas

desde el tanque de combustible, sino ahora habrá vapores en las líneas del sistema, vapores de aceite del carter y cabeza(s), dentro del canister, gasolina líquida dentro de la línea de abastecimiento al motor y también residuos de gasolina dentro de las cámaras de combustión que podrían ser liberados a la atmósfera.

La prueba que de acuerdo al diagrama de bloques de la figura 3.2 sigue se muestra en la grafica 3.2 y es la prueba o ciclo de economía de combustible en carretera, (HWFEC) es de alta velocidad y con algunas aceleraciones, esta se divide en 2 etapas. La primera es para estabilizar el vehículo y después se medirán las emisiones de HC, CO y CO<sub>2</sub> para que la economía de combustible sea calculada, además de mantener a temperatura el motor. El ciclo es de 16.51 km de recorrido y tiene una duración de 765 seg.

**Grafica 3.2 CICLO DE ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA (HWFEC)**



Fuente: [www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1350](http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1350)

## **3.4.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA**

### **3.4.2.1 INICIO**

Selección de la unidad, revisión de niveles de aceite, anticongelante y presión de llantas, esto de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Después se deberá “instrumentar” el vehículo de prueba, colocándole un sensor de temperatura (termopar) dentro del tanque de combustible, de tal forma que este no genere ninguna falla en el sistema de control de emisiones evaporativas y mucho menos una fuga, por mínima que sea.

### **3.4.2.2 VACIADO Y LLENADO DE COMBUSTIBLE**

La gasolina que contenga la unidad deberá ser drenada del tanque de combustible en su totalidad y después se colocara únicamente el 40%, redondeando al número entero más próximo de la capacidad de dicho tanque.

Nota: Entre estos dos pasos no deberá haber una diferencia mayor a una hora.

### **3.4.2.3 PRE-ACONDICIONAMIENTO (EPA-74)**

El vehículo se colocará en el dinamómetro de chasis para realizarle el ciclo de pre-acondicionamiento (EPA-74). Al concluir el ciclo el automóvil deberá estacionarse en un área con temperatura entre 20 y 30 °C y humedad relativa entre 30 y 60%, este paso como se puede ver es igual al que se utiliza para el procedimiento de certificación de emisiones de escape.

Nota: Entre estos dos pasos no deberá existir un lapso de tiempo mayor a cinco minutos.

### **3.4.2.4 REPOSO FRÍO**

Una vez que el motor del automóvil se ha detenido, se drena nuevamente el tanque combustible (Si el vehículo cuenta con tanques duales, el tanque más largo deberá ser considerado como el tanque primario), pero esta vez se colocará dentro una unidad acondicionadora de combustible. Esta unidad debe tener las características de absorber e inyectar la gasolina y principalmente podrá enfriar el combustible, pues el combustible se deberá mantener estable a una temperatura de 11 °C. Este reposo tendrá una duración mínima de 12 hr. y máxima de 33 hr.. Antes de que concluya este reposo, se deberá seleccionar en el software de la cámara S.H.E.D. la opción de “Diurnal Test”, con lo cual de forma automática se estabilizará la temperatura dentro de la cámara (22 °C) y también

ventilará el aire interior y filtrará el aire nuevo que entre, para así lograr una atmósfera más limpia que la de el exterior mismo del equipo.

Al haber pasado las doce horas mínimas de reposo y que el combustible ya este con temperatura estable, entonces se procede a verter la gasolina dentro de la toma del vehículo. Nuevamente se llenara el tanque al 40% de la capacidad del mismo y no se debe colocar el tapón de gasolina (Esto simula rápidamente que el combustible ha sido despachado en cualquier gasolinera, pues esta acción también genera emisiones evaporativas). Para realizar el siguiente punto el auto no deberá encenderse en ningún momento. Una vez colocado el combustible se procede a llevar el vehículo hasta el frente de la puerta de la cámara, el auto deberá tener todos los vidrios abajo y la cajuela abierta.

#### **3.4.2.5 CALENTAMIENTO DIURNO**

Ya que al auto esta colocado frente a la cámara, se debe asegurar que el analizador de hidrocarburos no indique una concentración mayor a las 2 ppm de hidrocarburos. Una vez asegurada la concentración se debe meter el vehículo dentro de la cámara, se conecta el lector o extensión para el termopar que esta puesto en el tanque de combustible y lo más importante se debe colocar por debajo del tanque la colchoneta eléctrica, la cual le proveerá la temperatura a la gasolina. Esta colchoneta se sujetara a la superficie del tanque ya sea mediante imanes, o algún dispositivo mecánico. Se cierra la puerta y se monitorea en la pantalla la temperatura dentro del tanque, hasta

que esta sea igual a 14.4 °C, en ese momento se deberá abrir nuevamente la puerta para colocar el tapón del combustible, cerrando otra vez la puerta. Ahora se debe esperar a que la temperatura llegue a los 15.5 °C y es entonces cuando da inicio la secuencia de operación de la cámara S.H.E.D., en la cual se sellara herméticamente para evitar cualquier fuga de las emisiones del vehículo, también estará funcionando el sistema de mezcla del aire para poder tener una mejor muestra inicial de la calidad del aire (background). A medida que va corriendo el tiempo, la colchoneta incrementa la temperatura de manera progresiva, tomando en cuenta la temperatura que el termopar esta enviando a la computadora hasta que la gasolina alcance los 28.8 °C (84 °F) y ahí se mantendrá por el tiempo restante a la hora que dura la prueba.

Para este proceso la cámara SHED tiene dos analizadores de hidrocarburos (HC) FID.

El FID #1 mide los hidrocarburos en el ambiente al inicio y al final de cada fase de prueba de la cámara.

El FID #2 mide el movimiento de hidrocarburos entrantes y salientes de la cámara mientras la cámara “respira” (ej. El flujo controlado entrante/saliente de la cámara que minimiza la diferencia de presiones barométricas dentro y fuera de la cámara SHED).

Al transcurrir la hora el analizador FID tomará la muestra final y le restará el valor de la inicial para obtener los datos que arrojo el

automóvil de prueba. Este valor no deberá ser mayor a 2 g/prueba que es lo requerido por la norma PROY-NOM-042-SEMARNAT-2003. Una vez terminada esta prueba, se deberá sacar el auto, desconectándolo de la extensión para termopar y quitándole la colchoneta, posteriormente se debe colocar en el dinamómetro de chasis y también no deberá encenderse en ningún momento.

Notas: Si en algún momento, la concentración de hidrocarburos excede de 15,000 ppm, la cámara será inmediatamente purgada.

Entre estas pruebas no deberá haber más 1 hora entre una y otra, para así evitar que disminuya la temperatura del combustible.

También debe considerarse que entre el reposo frío y la siguiente prueba no debe excederse de 36 hr.

Mientras es colocado el auto en el dinamómetro de chasis, se debe preparar la cámara S.H.E.D. para la siguiente prueba “reposo caliente”, ahora deberá seleccionar en el software de la cámara S.H.E.D. la opción de “Hot soak”, con lo cual de forma automática se estabilizará la temperatura dentro de la cámara a 35.5 °C y también ventilará el aire interior y filtrará el aire nuevo que entre, expulsando las pocas partículas que hubiera dejado el vehículo durante la prueba de



“calentamiento diurno” y así lograr una atmósfera más limpia que la de el exterior mismo del equipo.

#### **3.4.2.6 PRUEBA DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE (EPA-75)**

Como ya se detallo en párrafos anteriores, esta prueba simula un recorrido urbano promedio y arroja datos de las emisiones de escape. Sin embargo es muy importante realizar este ciclo, pues solamente así se calentaran todos los componentes del motor, incluyendo el aceite y así el sistema de emisiones evaporativas también entrará en función.

Nota: El tiempo máximo que debe transcurrir entre estas dos pruebas no será mayor a 7 minutos.

#### **3.4.2.7 REPOSO CALIENTE (Hot soak)**

Al concluir la prueba EPA-75, (Una vez desmontado el vehículo del dinamómetro), es manejado el automóvil hasta la cámara S.H.E.D., y se coloca de frente, se apaga el motor y se deja así por dos minutos; después se abre la puerta de la cámara y se coloca dentro.

Ya que al auto esta puesto en la cámara, se debe asegurar que el analizador de hidrocarburos no indique una concentración mayor a las 2 ppm de hidrocarburos. Es entonces cuando da inicio la secuencia de operación de la cámara S.H.E.D., en la cual se sellara herméticamente para evitar cualquier fuga de las emisiones del vehículo, también estará funcionando el sistema de mezcla del aire para poder tener una

mejor muestra inicial de la calidad del aire (background). En esta etapa solo basta con tener el vehículo en la cámara; no es necesario ningún accesorio.

Al igual que en el calentamiento diurno, los analizadores de hidrocarburos (HC) FID operan de la siguiente manera:

El FID #1 mide los hidrocarburos en el ambiente al inicio y al final de cada fase de prueba de la cámara.

El FID #2 mide el movimiento de hidrocarburos entrantes y salientes de la cámara mientras la cámara “respira” (ej. El flujo controlado entrante/saliente de la cámara que minimiza la diferencia de presiones barométricas dentro y fuera de la cámara SHED).

#### **3.4.2.8 ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE**

Al transcurrir la hora el analizador FID tomará la muestra final y le restará el valor de la inicial para obtener los datos que arroja el automóvil de prueba. Este valor no deberá ser mayor a 2 gr/prueba que es lo requerido por la norma PROY-NOM-042-SEMARNAT-2003.

Esta prueba se realizara solo en caso de requerir obtener el consumo de combustible y se deberá colocar el automóvil en el dinamómetro de chasis y se programara ahora el analizador de gases de escape y el dinamómetro de chasis para un ciclo [HWFEC](#) el cual se muestra en la grafica 3.2.

## CAPITULO 4

### ESTABLECIMIENTO DEL “MÉTODO CONVENCIONAL”

#### 4.1 LINEAMIENTOS O LÍMITES PERMISIBLES

Como se menciona en el desarrollo del procedimiento de prueba “convencional”, capítulo 3, habrá de respetarse los límites permisibles para este tipo emisiones evaporativas, las cuales están contempladas dentro del:

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-042-SEMARNAT-2003.

En este documento oficial se establecen los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metanos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos; que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como el límite de las *emisiones de hidrocarburos evaporativos* provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

Estos límites están establecidos dentro la tabla 1 de esta norma y se muestra en la siguiente [tabla 4.1](#) de este trabajo de tesis.

**Tabla 4.1 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS QUE UTILIZAN GASOLINA, GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL.**

Estándar de durabilidad a 80,000 km					
Tipo de vehículo	Año-modelo	HCNM g/km	CO g/km	NOx g/km	HC ev. g/prueba (1)
<a href="#">VP</a>	2004 y posteriores	0,156	2,11	0,25	<b>2,0</b>
<a href="#">CL1</a> y <a href="#">VU</a>	2004 y posteriores	0,156	2,11	0,25	<b>2,0</b>
<a href="#">CL2</a> y <a href="#">VU</a>	2004 y posteriores	0,200	2,74	0,44	<b>2,0</b>
<a href="#">CL3</a> y <a href="#">VU</a>	2004 y posteriores	0,200	2,74	0,44	<b>2,0</b>
<a href="#">CL4</a> y <a href="#">VU</a>	2004 y posteriores	0,240	3,11	0,68	<b>2,0</b>

(1) Para vehículos a gasolina y gas licuado de petróleo.

Estos límites ya están contemplados hoy en día para la obtención de los certificados NOM que expide el gobierno federal mexicano para los vehículos referidos en esta tabla y desde el año de 1995 (en aquel año de acuerdo a la NOM-042-ECOL-1993) se acepta una carta o constancia del fabricante, que incluya informe de resultados, o certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, la autoridad ambiental de Japón o por organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea, o bien, por otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo donde se demuestre que cumplen con las disposiciones de la presente NOM, de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en esta norma.

Como se puede observar, en esta norma solo se contempla como requisito un certificado de conformidad y en todo caso que personal de la PROFEPA, se traslade al país emisor del certificado y presencie la prueba en el laboratorio emisor.

Lo que se hará ahora al instaurar el procedimiento convencional, es, no solo hacer que las armadoras presenten un certificado, si no que la prueba y los resultados de la misma se realicen en el país, ya sea en instalaciones de las armadoras mismas o bien en instalaciones gubernamentales, como ejemplo el laboratorio del [IMP.](#), usando un equipo similar al mostrado en la siguiente figura [4.1](#).

**Fig. 4.1 CÁMARA (S.H.E.D.) MARCA WEBBER EM INC.**



Fuente: [www.webberemi.com/WebberEMI.htm](http://www.webberemi.com/WebberEMI.htm)

## 4.2 PROPUESTAS DE ADECUACIÓN AL PROCEDIMIENTO

Para adecuar este procedimiento a las condiciones de la industria, la geografía y en general las condiciones predominantes en el país, se proponen las siguientes modificaciones para la instauración del “procedimiento convencional” a la normatividad mexicana.

### 4.2.1 CONJUNCIÓN DE LOS 2 CICLOS DE DINAMÓMETRO

Realizar tanto el ciclo de dinamómetro de chasis EPA-75 como el ciclo de consumo de combustible en carretera ([HWFEC](#)) en uno solo; esta prueba ya esta hecha y lleva por nombre EPA-78 y representa las 2 pruebas completas. Esto quiere decir que se tiene un ciclo inicial de 1,372 seg. (22 min. y 86 seg.), seguido por un reposo de 10 min. y finalmente un recorrido de 1,270 seg. (21 min. y 16 seg.), así se obtiene una distancia total de 34.34 km. (21.34 mi.).

Tomando en cuenta que la Ciudad de México es la zona con mayor número de automóviles concentrados; pues de acuerdo a estadísticas del INEGI [\[1\]](#) por cada 1,000 habitantes el número de automotores registrados es de 406 y la población en esta misma es de 8,812,585 y solo es superado en numero de automotores por cada 1,000 habitantes por el Estado de Baja California Sur, con 505; pero la población solo es de 463,617. Por lo tanto con esta consideración y

---

<sup>1</sup> INEGI. Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente con base en: Dirección de Estadísticas Económicas. Vehículos de motor registrados en circulación (con base en cifras de los gobiernos de los estados), Censo de Población y Vivienda 1980-2000.

mediando la distancia promedio que se recorre en vehiculo dentro de la CdM, de acuerdo a los datos que se presentan en la siguiente tabla [4.2](#), este ciclo EPA-78 sería representativo de la distancia que cotidianamente recorre en promedio un automóvil en México.

**Tabla 4.2 DATOS DE ACTIVIDAD PARA LOS AUTOS PARTICULARES DE LA ZMVM**

<b>Tipo de Actividad</b>		
<b>Holograma</b>	<b>[Km./día]</b>	<b>[días/año]</b>
<b>Doble Cero</b>	36	365
<b>Cero</b>	36	365
<b>Uno</b>	24	313
<b>Dos</b>	25	313

Fuente: Consultas al Programa de Verificación Vehicular Obligatorio primer semestre de 2001.

#### **4.2.2 CONDICIONES DE ALTITUD**

La siguiente modificación esta implícita al realizarse cualquier actividad dentro de la CdM, esta, es el factor que da la altura propia de la Ciudad, la cual es de 2,239 m.s.n.m.m este elemento es determinante, pues como ya quedo demostrado dentro del subcapitulo “Conjunción de los dos ciclos de dinamómetro” una parte muy importante de la población vehicular en México es operada en condiciones de altitud sobre el nivel del mar significativamente mayor que en los países proveedores de tecnología automotriz. Como se pudo apreciar este “Procedimiento Convencional” fue desarrollado en los EE.UU., a través de la Agencia de Protección al Ambiente ([EPA](#)), por lo tanto este procedimiento como todos los generados por esa dependencia gubernamental, son para las condiciones prevalecientes

en dicho país. Tomando en cuenta el factor altura; el límite práctico para la aplicación y desarrollo de vehículos de motor que cumplan con dichas normas esta limitado a 1,300 m. (Altura de calibración máxima necesaria para equipos de prueba en los EE.UU.), entonces las condiciones no son similares a las de la mayor población vehicular de México.

**Tabla 4.3 Condiciones dada la altura de la región.**

<b>Ciudad</b>	<b>Altura m.s.n.m.m.</b>	<b>Presión atm. psi</b>
<b>Acapulco**</b>	4*	14.6
<b>México, D.F.</b>	2,239*	10.6

Fuentes: Datos tomados físicamente con equipo calibrado en México.

\*Guía Roji.

\*\*Altura similar a la de las centrales de la EPA y CARB (Sacramento, California)

El punto donde la altura afecta directamente a este procedimiento es al facilitar la generación de hidrocarburos evaporativos, esto se da al haber una menor presión atmosférica (Como se pudo ver en la tabla [4.3](#)) y condiciones de temperatura similares a las que pide el “Método convencional”. Pues el combustible esta diseñado para reaccionar a la temperatura y si a esto se le suma la reducción de presión, es evidente una mayor facilidad de volatizarse la gasolina.

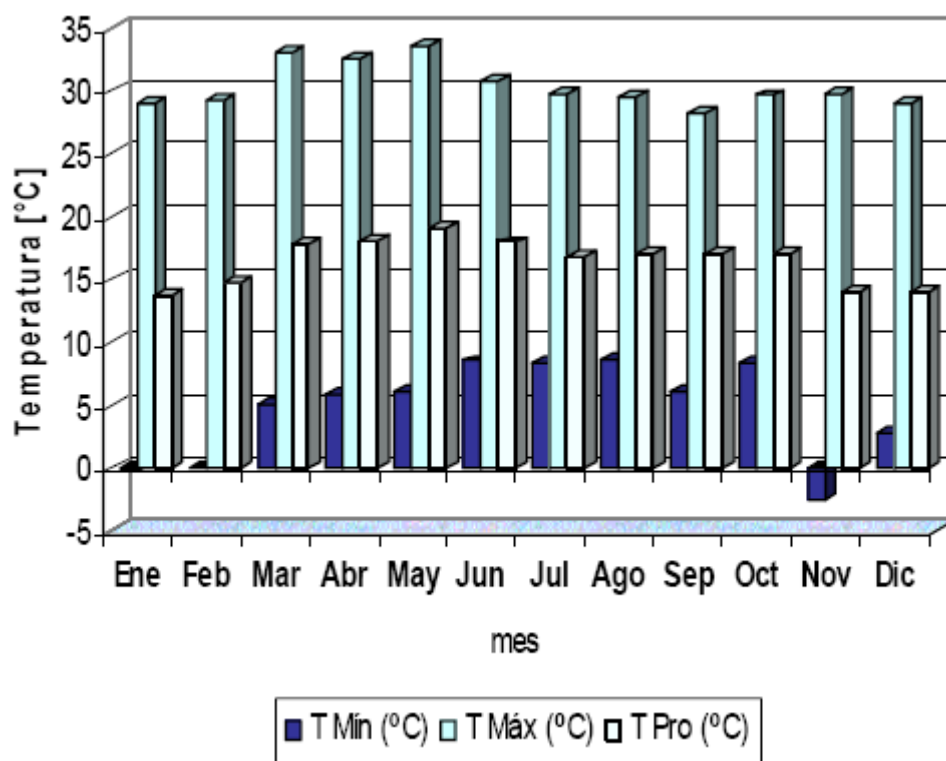
Es tan marcado e importante para el desempeño de un motor este valor de la presión atmosférica, que algunas armadoras en México comprueban y mejoran el buen funcionamiento de sus vehículos realizando ciclos de prueba de la CdM al puerto de Acapulco.



### 4.2.3 TEMPERATURAS PARA LA PRUEBA

Las temperaturas que se piden para la realización de esta prueba, están acorde con los promedios registrados dentro de la CdM, según los datos registrados durante el año 2002 y se presentan en la siguiente grafica [4.1](#). Inclusive son un poco más altas las temperaturas que se usaran en las pruebas, esto dará una mayor confiabilidad de los equipos de control emisiones evaporativas, instalados en el vehiculo a examinar.

**Grafica 4.1 TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO MENSUAL 2002.**



Fuente: G.D.F., Inventario de emisiones de la ZMVM, año 2002.

Este factor “altura”, aunado a la falta a nivel mundial de un banco de datos de emisiones vehiculares a esta altitud, no permite interpolar los resultados de los países de origen a las condiciones de México.

Por lo anterior, en México se requiere de pruebas a la altura de la Ciudad de México para determinar las emisiones provenientes de los vehículos automotores en las condiciones de operación de sus mayores concentraciones poblacionales y desarrollar límites y normas adecuadas a estas condiciones ambientales.

#### **4.2.4 NUEVO NOMBRE PARA LA NORMA AA-11**

Ahora que dentro de la norma AA-11 se incluya el “Procedimiento Convencional”, tentativamente se contempla el siguiente nombre descriptivo o título:

“Método de prueba para la evaluación de emisiones de gases de escape, emisiones evaporativas, durabilidad y OBD de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina o diesel como combustible”, en el cual como se puede ver se agrega el método para la determinación de evaporativas, de tal manera que contemplará un nuevo capítulo en el que se localice la prueba de emisiones evaporativas o [S.H.E.D.](#), dándole seguimiento a los siguientes puntos.

Además se incluyen dos puntos nuevos: durabilidad y [OBD](#). El primero “durabilidad” también se encuentra localizado en el PROY-NOM-042-SEMARNAT-2003 (Tabla [4.1](#), pag. 59) y es aquí donde se considera una durabilidad o bien un comportamiento similar en lo que a niveles contaminantes se refiere de 80,000 km. (Siguiendo las recomendaciones del fabricante)

Y el segundo se refiere al Diagnostico Abordo ([OBD](#)), el cual desempeña una revisión continua de algunas funciones del automóvil a través de su computadora central, enfocándose principalmente al control de emisiones contaminantes; tanto de escape, como evaporativas. Esto se logra gracias a 44 señales de monitoreo.

## CONCLUSIONES

El gobierno es la organización por medio de la cual el estado expresa su voluntad, da fe a sus leyes, administra funciones y recursos y dirige a la sociedad a través de la administración pública, que se encarga de servirle y esta integrada por un conjunto de normas, estructuras y procedimientos que generan bienes y servicios.

Los problemas de crecimiento urbano ya están muy latentes en varias ciudades del mundo en especial el de la contaminación atmosférica y esta claro que el actual uso de los vehículos automotores impulsados con motores consumidores de combustibles fósiles, es uno de los más grandes actores en este problema.

Por ende es el gobierno la figura principal en el establecimiento de este procedimiento, (claro sin descartar la importancia de los avances tecnológicos de la industria automotriz) para darle a la sociedad un servicio que genere una mejora en la calidad de aire y por ende una mejor calidad de vida.

Además como se pudo constatar en este trabajo de tesis a través de la importancia que se definió, tiene el aire comparado con el agua y los alimentos para nuestro organismo como para la vida en general y tomando como referencia los datos que aquí se presentaron (dentro de las diferentes tablas de datos) respecto a los gases contaminantes que se han cuantificado y plasmado en los diferentes inventarios de emisiones; principalmente los realizados en nuestro país, es muy clara la importancia que tiene el realizar un mejor control de las emisiones

contaminantes en fuentes móviles (automóviles), pues es muy amplia la contribución de estas fuentes a la contaminación atmosférica, de acuerdo a lo mostrado en las tablas [3.1](#) y [3.2](#). Las cuales hacen referencia a años pasados, pero si se observamos la tendencia poblacional en las predicciones de INEGI, se ve una tendencia a la alza en los puntos de población y motorización (Termino usado por el INEGI) de la misma, lo cual con la tecnología usada actualmente no es muy alentador para el cuidado del medio ambiente.

Con una reducción significativa de contaminantes no solo somos beneficiados los seres habitantes de la ciudad directamente, es también darle una mejor calidad al agua que bebemos, a los alimentos que consumimos y un mejor aire para las zonas rurales cercanas a las grandes urbes, lugares en los cuales generalmente se recibe mayor cantidad de gases contaminantes de los que se generan.

Aunque para el caso que ocupa a este trabajo de tesis se da el enfoque principal hacia los HC evaporativos, es muy importante señalar que el control de estas emisiones contaminantes se hizo después de haber obtenido un mejor control de las emisiones de escape y de haberse demostrado los problemas que genera la descarga de estos vapores al ambiente.

Al integrarse este procedimiento a la NMX-AA-11, se hará más amplio y estricto el control de las emisiones contaminantes vehiculares en nuestro país y esto tendrá a futuro un impacto positivo a favor del medio ambiente sobre todo en la ciudad de México, dadas sus condiciones geográficas.

## ACRÓNIMOS

<b>COESA</b>	Comisión sobre la extensión de la atmósfera estándar (EE.UU.)
<b>SAE</b>	Sociedad de Ingenieros Automotrices
<b>EPA</b>	Agencia de protección al ambiente (EE.UU.)
<b>CARB</b>	Comisión de recursos del aire de California
<b>EGR</b>	Recirculación de gases de escape
<b>PCV</b>	Ventilación positiva del carter
<b>S.H.E.D.</b>	Cámara sellada para determinación de evaporativas
<b>FID</b>	Detección de ionización por flama
<b>HWFEC</b>	Ciclo de economía de combustible en carretera
<b>VP</b>	Vehículo de pasajeros. Automóvil, o su derivado, excepto el vehículo de uso múltiple o utilitario y remolque, diseñado para el transporte de hasta 10 personas.
<b>CL1</b>	Camiones ligeros (grupo uno) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg y con peso de prueba (PP) de hasta 1,701 kg.
<b>CL2</b>	Camiones ligeros (grupo dos) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg y con peso de prueba (PP) mayor de 1 701 y hasta 2,608 kg.
<b>CL3</b>	Camiones ligeros (grupo tres) cuyo peso bruto vehicular es mayor de 2 722 y hasta 3,857 kg y con peso de prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.
<b>CL4</b>	Camiones ligeros (grupo 4) cuyo peso bruto vehicular es mayor de 2 722 y hasta 3,857 kg y con peso de prueba (PP1) mayor de 2 608 y hasta 3,857 kg.
<b>VU</b>	Vehículo automotor diseñado para el transporte de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial para operar ocasionalmente fuera del camino. Para efectos de prueba se clasificarán igual que los camiones ligeros.

**IMP** Instituto Mexicano del Petróleo.  
**OBD** Diagnostico Básico Abordo  
**m.s.n.m.m.** Metros sobre el nivel medio del mar.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 La contaminación en México**  
Francisco Vizcaino Murray  
Editorial: FCE, 1975
- 2 Manual de la Técnica del Automóvil**  
Robert Bosch GmbH  
Editorial: Reverte, 1999
- 3 Puesta a Punto y Rendimiento del Motor**  
William H. Crouse, Donald L. Anglin  
Editorial: Alfaomega, 2002
- 4 El Aire Nuestro de Cada Día**  
Luis Manuel Guerrero  
Editorial: Diana, 1995
- 5 Usos y Abusos de la Gasolina**  
Isaac Schifter, Esteban Lopez S.  
Editorial: Fondo de Cultura Económica, 1998
- 6 Química**  
Raymond Chang  
Editorial: Mc Graw Hill, Cuarta Edición, 1997
- 7 PERRY, “Manual del Ingeniero Químico”**  
Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney  
Editorial: McGraw-Hill, 1995
- 8 MARKS, “Manual del Ingeniero Mecánico”**  
Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III  
Editorial: McGraw-Hill, 1995
- 9 Air Quality**  
Thad Godish  
Editorial: Lewis Publishers, cuarta edición, 2004
- 10 Manual CEAC del automóvil**  
Grupo editorial CEAC  
Editorial: CEAC, 2002
- 11 Manual de usuario “Micro Gas”**  
OTC  
Editorial: SPX Corporation, 1997
- 12 “Hidrocarburos y ciencias básica y aplicada” la catálisis en México**  
Programa Universitario de Energía, UNAM  
Editorial: Dirección general de publicaciones, UNAM, 1983



## PAGINAS DE INTERNET

- 1 Secretaria de energía**  
[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)
- 2 Instituto nacional de estadística geografía e informática**  
[www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
- 3 Webber EM inc.**  
[www.webberemi.com](http://www.webberemi.com)