



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE QUÍMICA

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR LA  
REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES POR EL USO DE  
GASOLINAS Y DIESEL DE ULTRA BAJO AZUFRE  
(UBA) EN EL PAÍS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

P R E S E N T A:

**JÚAREZ SANTA CRUZ MIGUEL ÁNGEL**



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA

2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Prof. JOSÉ ANTONIO ORTÍZ RAMÍREZ

Vocal: Prof. MARIANO PEREZ CAMACHO

Secretario: Prof. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO

1<sup>er</sup>. Suplente: Prof. NESTOR NOE LOPÉZ CASTILLO

2<sup>do</sup>. Suplente: Prof. ALFONSO DURAN MORENO

LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA TESIS:

FACULTAD DE QUIMICA (CU) UNAM  
BIBLIOTECA INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (IMP)

**ASESOR DE TESIS:**

M. en I. JOSÉ ANTONIO ORTÍZ RAMÍREZ

**SUPERVISOR TECNICO:**

IQI. JOSÉ FERNANDO ORTEGA LOPÉZ

**SUSTENTANTE:**

JÚAREZ SANTA CRUZ MIGUEL ÁNGEL



## Agradecimientos

A mi familia porque siempre me han apoyado: *A mi Papá, Abuelita Antonia, Abuelo Rafael, y a mis sobrinos Itayú y Uriel* porque han sido un apoyo muy importante para mí.

A mis amigos:

SEC. DNA. 163: *Claudia Armenta Gallardo, Antolín Gómez, Celsa Lilia Martínez, Águeda, Saúl, Claudia Natalia, Mónica, Alba Lorena, Francisco*

CCH. OTE: *Alejandra García Castañeda, Fernando d Jesús, Mayen, Mariano, Yunuen, Fabián, Saúl, Felipe, Olga, Karina, Ana María, Maribel, Elizabeth, Lucia*

Facultad Química: *Fernando Roldan, Javier Solís, José Carlos, Adrian, Rodolfo, Ernesto Robles, Graciela Espinoza Nieto, Vanesa Esmeralda Arredondo, Ma. Elena Ortiz, Nidia mariano, Teresa de Jesús, Mauricia Betzabe, Jazmín, Yamilet, Roxana, Judit Oliveros O.*

En especial a *Claudia Marisol Soriano y Norma Leslie*, gracias por su ayuda, animo, y por haber creído en mi cuando nadie lo hizo, es algo que nunca olvidare. Gracias por su amistad, cariño y apoyo en todo momento. A todos Gracias por haberme brindado su apoyo y su amistad.

A mis profesores:

Alma (cositas): por fórjame el entusiasmo, carácter y disciplina para mi vida.

Gema don Lucas Avalos: Gracias por enseñarme todo lo que sabe, también por darme una educación para el desarrollo de mi vida, gracias por preocuparse y hacer de mí un hombre de bien.

Margarita: gracias por descubrir mi gusto hacia la ciencia y el desarrollo de la tecnología.

Eloísa: gracias por indicarme el camino y el gusto hacia la Química.

En la DGCOH:

Martin Flores (sensei), compañero e instructor, IQ. Raúl Villegas (Asesor), supervisor, y jefe

Además ambos amigos, gracias por su apoyo y consejos, gracias por todo.

A mis asesores:

Fernando Ortega López, gracias por devolverme la confianza en la carrera, en el trabajo honesto así como por sus consejos y tiempo, realmente los aprecio y valoro, gracias

Antonio Ortiz Ramírez gracias por su apoyo, y disposición.

En el IMP:

*Ing. Luis Leobardo Díaz Gutiérrez*

*DR. Gustavo Sosa Iglesias*

Gracias por su apoyo, y su dedicación brindada.

A la UNAM: por darme la oportunidad de tener la mejor educación en México, por tener a los profesores preparados y especializados para enseñarme el saber afrontar los retos de la vida profesional y personal, además por defender el “*LIBRE ALBEDRIO*” a la educación. Gracias

Por último pero lo más importante para mí. A mi mamá porque sin ti no lo hubiera logrado, por estar siempre conmigo en todo momento, y el haberme enseñado que con trabajo, esfuerzo y dedicación se puede vencer cualquier obstáculo y que para lograr la meta que uno desee no se debe olvidar que el orgullo y dignidad de uno mismo no se vende, gracias por ser la mejor mamá que pude tener, Gracias *BLANCA SANTA CRUZ* este logro está dedicado a ti.



## RESUMEN

México un país en vías de desarrollo, es una nación que trata de entender el papel que tiene dentro de la comunidad internacional, tanto en su entorno aledaño (continente americano) como en otros continentes (principalmente Europa y Asia). Al tener contacto con diversas naciones (tratados comerciales e intercambio cultural entre otros), esto ocasiona que no solo se vea su comportamiento hacia el exterior del país si no que tiene que entender su problemática interior para poder tener un desarrollo pleno.

Para poder hacer esto posible, un problema a resolver es la contaminación atmosférica del aire, un problema que no solo es característico del país, también es un problema de nivel internacional que involucra a todos los países desarrollados y en vías de desarrollo (debido a los gases de efecto invernadero que ocasionan el calentamiento global), los cuales tratan de establecer leyes y normas para poder tener una atmosfera lo más limpia posible, sin detener la comodidad y desarrollo tanto tecnológico como industrial.

En cuanto a las emisiones contaminantes de combustibles automotores se refiere, se debe hacer un examen minucioso no solo de la calidad de los mismo combustibles (en este caso las diferentes modalidades de MAGNA, PREMIUM y DIESEL), sino también de las diferentes fuentes emisoras; ya que no solo los vehículos (fuentes móviles) ocasionan emisiones contaminantes, también la industria (fuentes fijas). Estas en conjunto ocasionan consecuencias llamadas EXTERNALIDADES DE AFECTACIÓN A LA SALUD.

En este sentido se debe tener el conocimiento de las afectaciones al medio ambiente y de salud que estas emisiones contaminantes tienen, para la cual se deben tener en cuenta los diferentes compuestos químicos que componen los diferentes combustibles (aromáticos, olefinas, benceno, oxígeno, PM, etc.), así como también el conocimiento de cuáles son las cantidades de concentraciones que perjudican tanto al medio ambiente como a la salud. Para poder establecer los parámetros y características adecuadas para la obtención de los combustibles.

Algo importante es establecer las causas de este problema, dentro de este tema tenemos que el parque vehicular utilizado en todo el país, es un asunto de suma importancia ya que aunque se tenga una gasolina o diesel de primer mundo, si el vehículo no cuenta con las características y el mantenimiento adecuado emitirá gases nocivos. Debido a que la combustión que cada vehículo tenga será de vital importancia para la emisión de contaminantes México tiene un gran retraso en la renovación del parque vehicular utilizado, ya que la flota está compuesta en su mayoría por vehículos con más de 20 años de antigüedad, esto aunado a la entrada de vehículos “chocolates”(usados de origen extranjero) legal e ilegalmente introducidos al país.



Lo cual se vuelve una contribución muy importante a las emisiones contaminantes, ya que estos vehículos tienen características de combustión diferentes a las que actualmente se necesitan para el consumo de los nuevos combustibles (sobre todo en el rendimiento de L/Km). Además otro punto importante a tratar y establecer es que el gobierno pueda emitir una **NORMATIVIDAD** soportada por un conjunto de leyes y normas estratégicamente bien definidas y meticulosamente revisadas para el cuidado de la salud y el medio ambiente, basándose en estudios tanto de salud como tecnológicos los cuales indiquen el camino a seguir para que estas no contengan lagunas legales que después afecten más a la población en general.

Para esto el empleo de las externalidades de afectación a la salud al ser utilizadas en diferentes métodos tanto estadísticos como matemáticos nos sirven para obtener resultados plenos y concisos, con los cuales se puede determinar **EL IMPACTO AMBIENTAL** que este tipos de combustibles tienen al ser utilizados en las diferentes zonas geográficas del país con las características adecuadas para cada región a utilizar. Son variados los métodos que se pueden emplear para conocer el impacto que se tienen al utilizar los combustibles, cada uno de estos métodos tienen características diferentes y dependen de una gran variedad de factores como lo son: características de la población (raza, edad, cantidad), zona geográfica (altura, topografía de la ubicación de la ciudad), cuestiones ambientales (velocidad, dirección del viento), etc.

El método empleado en este trabajo fue utilizado para obtener la afectación a la salud en la población de la **ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM)**, en cuanto se refiere a los rubros de **MORBILIDAD** y **MORTALIDAD**. En el que se toman en cuenta características como el factor de ingesta que está compuesto por la cantidad de aire respirada por persona ( $m^3$ ), la cantidad de la población (MM), la velocidad del viento (Km/H), la altura en la que está situada la ciudad (m), el área con la que cuenta la zona ( $m^2$ ).

Además se emplean factores como cantidad de emisiones contaminantes ( $\mu g$ ), coeficiente de impacto a la salud (%), tasa de variación anual de enfermedades (%) y frecuencia respiratoria de la población (por minuto), todos estos datos fueron obtenidos de las publicaciones que hace cada uno de los institutos o dependencias gubernamentales respectivamente como son: Secretaria de salud (SS), Instituto nacional de estadísticas y geografía (INEGI), secretaria de energía (SENER), por mencionar solo algunas.

Todo este tipo de estudios son herramientas de gran utilidad ya que por medio de ellos se pueden obtener resultados los cuales interpretados de forma adecuada con ayuda de los expertos en cada materia, podrán ser utilizados para dar solución a las diferentes problemáticas que enfrenta el país y la población en cuanto a la afectación a la salud se tiene por causa de las emisiones contaminantes de combustibles utilizados en vehículos.



## ÍNDICE

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	II
Índice.....	IV
Lista de Tablas.....	VII
Lista de Gráficos.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
<b>CAPITULO I ANTECEDENTES</b>	
1. 0 Historia.....	5
1. 1 Medio ambiente.....	8
<b>CAPITULO II AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE Y A LA SALUD</b>	
2.0 Emisiones.....	9
2.1 ¿Cómo afectan las Emisiones? .....	9
2.2 Concentraciones (Químicas).....	10
2.3 Contaminantes Criterio.....	12
2.4. Azufre y sus Compuestos.....	14
2.5 Lluvia Ácida.....	17
2.6 Aromáticos.....	20
2.7 Olefinas.....	21
2.8 Benceno.....	21
2.9 Ozono (O <sub>3</sub> ).....	21
2.10 Óxidos de Nitrógeno.....	22
2.11 Hidrocarburos, HC .....	23
2.12 Monóxido de Carbono.....	23
2.13 Material Particulado (PM).....	24
2.14 Contribución al cambio climático.....	24
2.15 Salud.....	26
2.15.1 Morbilidad.....	30
2.15.2 Mortalidad.....	32
<b>CAPITULO III PROBLEMÁTICA MUNDIAL Y NACIONAL</b>	
3.0 MEDIO AMBIENTE.....	33
3.1. Ecosistemas.....	34
3.1.1 Cambio climático.....	36
3.1.2 Inversión térmica.....	37
3.2 Estrategias de Solución.....	39



3.3	Combustibles.....	41
3.4	Parque Vehicular Mundial.....	41
3.4.1	Parque vehicular en México (Actual).....	42
3.4.2	Parque vehicular en México (Nuevo).....	43
3.4.3	Parque vehicular en México Importado (Nuevo).....	44
3.4.4	Parque vehicular en México Importado (Chocolate).....	45
3.5	Verificación Vehicular.....	47
3.6	Renovación (Vehículos TIER I Y II).....	50
3.7	Daño Inmobiliario y Ecosistemas (Económico).....	52

#### CAPITULO IV OBTENCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES

4.0	GASOLINAS.....	54
4.1.	Definiciones y Composición.....	54
4.1.2	Obtención.....	55
4.1.2.1	Hidrocarburos saturados ó parafinas.....	63
4.1.2.2	Isoparafinas.....	64
4.1.2.3	Olefinas ó Alquenos.....	64
4.1.2.4.	Cíclicos.....	64
4.1.2.5.	Aromáticos.....	64
4.2.	Diesel.....	64
4.2.1.	Obtención y Definición.....	65
4.3.	Aditivos.....	66
4.4	Especificaciones PEMEX.....	68
4.4.1	Modalidades de Magna.....	70
4.4.2	Modalidades de Premium.....	72
4.4.3	Modalidades de Diesel.....	74
4.4.4	Especificaciones de Presión de Vapor.....	77
4.4.5	Clase de Volatidad.....	77
4.4.6	Especificaciones de la Turbosina.....	78
4.4.7	Especificaciones del Gas Licuado.....	79

#### CAPITULO V NORMATIVIDAD

5.1	LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE AIRE.....	80
5.2	Normatividad Mexicana.....	81
5.2.2	Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999.....	81
5.2.3.	Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.....	84
5.3	NORMATIVIDAD EN ESTADOS UNIDOS TIER 1, TIER 2.....	84
5.4	Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape de automóviles de pasajeros.....	85





5.4.1	Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape vehículos (camionetas y camiones ligeros).....	86
5.4.2	Norma oficial mexicana NOM-PA-CCAT-007/93.....	86
5.5	COMPARACIÓN DE LA NORMATIVIDAD ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS.....	87
5.6	Externalidades (Salud).....	89

## CAPITULO VI

### EVALUACION DE IMPACTO Y OPCIONES TECNOLOGICAS

6.1	Emisiones de Contaminantes CRITERIO (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> COVS) con y sin Reducción de "S".....	91
6.2	Evaluación del IMPACTO en Salud con y sin Reducción de "S".....	96
6.2.1	Externalidad salud (Costo económico).....	97
6.3.	Vehículos.....	107
6.4	COMBUSTIBLES RENOVABLES O/A FUTURO.....	107
6.4.1	Hidrogeno.....	109
6.4.2	Celdas Solares.....	110
6.4.3	Gas Natural.....	111
6.4.4	Biocombustibles.....	112
6.4.4.1A	partir de Alcohol.....	115
6.4.4.2A	partir de Grasas y Vegetales Comestibles.....	116
6.5	Oxigenación de Gasolinas.....	117
6.6	Parque Vehicular.....	118
6.6.1	Vehículos Eléctricos.....	120
6.6.2	Vehículos de Hidrogeno.....	121
6.6.3	Vehículos Híbridos.....	122

## Capítulo VII MODELOS DE EVALUACIONES

7.1	Evaluación de Factores de emisión.....	124
7.2	Evaluación de contenido de Azufre.....	126
7.3	Evaluación de Impacto de Salud.....	127
7.4	Evaluación de costo Económico (EXTERNALIDAD).....	128

## Capítulo VIII

8.0	Conclusiones.....	129
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	133
	Glosario.....	135



Lista de Tablas	
2.15	Efectos fisiológicos de Concentraciones de Monóxido de Carbono.....29
3.3.1	Descripción de poderes caloríficos.....41
4.1.2	Características del reformado catalítico.....61
Especificaciones PEMEX	
4.4.1	Magna Zonas Metropolitanas.....70
4.4.1	Magna Resto del País.....71
4.4.2	Premium Zonas Metropolitanas.....72
4.4.2	Premium Resto del País.....73
4.4.3	Diesel Resto del País.....74
4.4.3	Diesel Zonas Metropolitanas.....75
4.4.3	Diesel Zona Fronteriza Norte (ZFN).....76
4.5	PRESIÓN DE VAPOR.....77
4.6	CLASE DE VOLATILIDAD.....77
4.7	TURBOSINA.....78
4.8	GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GAS LP).....79
5.2.2	Límites Permisibles de Emisión para vehículos gasolina.....82
5.2.2 <sup>a</sup>	Límites Permisibles de Emisión para vehículos diesel.....82
5.2.3	Reducción general de Azufre en Combustibles.....84
5.3	Normas de México y Estados Unidos.....85
5.4.1	Emisiones de escape vehículos de hasta 3,825 Kg.....86
5.5	Descripción de normas.....88
5.6	Comparación de costos por atención medica.....90
6.1	Emisiones.....92
6.2	Emisiones Zona Metropolitana del Valle de México.....93
6.2.1	Evaluación de diferencia de casos de la salud.....97
6.2.2	Costo económico con coeficiente de elasticidad.....100
6.2.2 <sup>a</sup>	Costo económico directo.....102
6.2.2.1	Comparación de coeficiente de elasticidad.....103
6.2.2.2	Costo mortalidad.....104



6.2.2.3 DAP por caso.....	106
6.4.1 Sustitución de energía.....	109
6.4.4.1 Bioetanol y Biodiesel a partir del alcohol.....	118

### Lista de Gráficos

2.1 Cuadro esquemático de focos primarios de emisiones antropogénicos...	10
2.4.1 Ciclo del azufre en el medio ambiente.....	16
2.6 Hidrocarburos aromáticos.....	20
2.7 Molécula generalizada de olefinas.....	21
2.8 Molécula de Benceno.....	21
3.1.2 Atmósfera terrestre.....	38
4.1.2 Obtención de la Gasolina.....	56
4.1.2a Torre de destilación.....	58
6.1.1 Contenido de azufre, en de todo el país y ZMVM.....	94
6.1.2 Emisiones contenido de CO, en de todo el país y ZMVM.....	94
6.1.3 Emisiones contenido de HC, en de todo el país y ZMVM.....	95
6.1.4 Emisiones contenido de NOx, en de todo el país y ZMVM.....	95
6.2.2 Costo económico con coeficiente de elasticidad.....	100
6.2.2.1 Costo económico con coeficiente de elasticidad.....	101
6.2.2 <sup>a</sup> Morbilidad afectación a la salud.....	101
6.2.2.1 Comparación de coeficiente de elasticidad.....	103
6.2.2.1 <sup>a</sup> Costo económico directo.....	104
6.2.2.2 <sup>a</sup> Mortalidad afectación a la salud.....	106
6.4.2 Descripción de funcionamiento de celdas solares.....	110
6.6.2 Funcionamiento de Vehículo de Hidrogeno.....	115
6.6.2a Producción de hidrógeno por electrolisis.....	122
8.1 Modificación de contenido de azufre.....	132



## Introducción

La gasolina y el diesel por ser los combustibles para vehículos automotores más usados hasta el momento, son utilizados en todo el mundo. Estos combustibles son los productos más demandados de los derivados de la refinación del petróleo comenzando a formar parte de nuestra vida desde los años 1920, fecha en que se inició la producción en serie los vehículos automotores.

El azufre es el compuesto contaminante más importante del petróleo cuando este combustible es quemado, el azufre por la reacción química de oxidación se transforma en dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y como partículas de sulfatos ( $\text{SO}_3$ ) en el medio ambiente. Considerando que en la mayoría de los países en desarrollo, el alto contenido de azufre en los combustibles líquidos es un serio problema para la salud humana y al medio ambiente, la gasolina y el diesel que se comercializan en nuestro país y de acuerdo a la política nacional de refinación de combustibles, estos deberían ser cada vez más limpios.

Sin embargo, es claro que el azufre contenido en los combustibles, ocasiona problemas al medio ambiente ya que reacciona químicamente con el oxígeno del aire durante la combustión en los automotores, formando óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ). La presencia de estos compuestos ocasiona la formación de la llamada "lluvia ácida" provocando daños como: la corrosión de metales, deterioro de estructuras arquitectónicas, daños al medio ambiente y probablemente graves daños a la salud en seres humanos y ecosistemas en general.

De acuerdo a la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 para las (ZMVM, ZMM y ZMG) es importante indicar que la calidad asociada de los combustibles para automotores, es la que permite determinar si las gasolinas y diesel, cumplen con los requisitos necesarios para garantizar su desempeño y funcionalidad. Así también, permite saber si se está utilizando un producto seguro y la probabilidad de que ocasione daños a la salud humana y al medio ambiente, Si al evaluar su calidad de acuerdo al contenido de azufre, se obtienen valores que se encuentran fuera del parámetro establecido, es seguro que el uso de dicho producto pueda ocasionar problemas de tipo técnico (vehículos) y ecológico (ambiente y salud).

Mucho se ha mencionado el protocolo de Kioto (CEPAL mecanismo de desarrollo limpio), pero en realidad son muy pocos los países que muestran un apoyo total. Por lo cual es necesario conocer la situación global y particular de México, detectar la situación actual del país y conocer las opciones propuestas a nivel mundial, para planear la calidad de los combustibles mexicanos. El protocolo habla sobre el impacto en el cambio climático y solicita a los países industrializados reducir la producción de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son contaminantes ( $\text{CO}_2$ ) y contribuyen al calentamiento global, así que cada país de acuerdo a su capacidad individual asuma el compromiso de reducir los GEI.



Que genera, en un cierto porcentaje, dividiéndolos en dos bloques o anexos de acuerdo en su capacidad de emisiones contaminantes. Aunque México está considerado dentro del Anexo II del protocolo (**Foro de las Autoridades Nacionales Designadas "DNA"**), esto no lo obliga a reducir sus emisiones, aun así el cumplir con estos requisitos es una buena forma de formar conciencia en la población para el cuidado, bienestar y sustentabilidad del Medio Ambiente. Complementariamente el acuerdo también incluye sanciones para los países que no cumplan con sus objetivos de reducción de emisiones de gases contaminantes.

Para tener una visión más amplia de las gasolinas y el diesel, es necesario conocer los procesos de refinación para obtenerlos, así como también los aditivos para mejorar su calidad. Los aditivos son productos orgánicos e inorgánicos que se añaden a los combustibles, con la finalidad de mejorar su calidad, y con el fin de que los llamados compuestos criterio se reduzcan lo más posible con la finalidad de tener menos emisiones contaminantes. Existen varios tipos de aditivos, los cuales son obtenidos de diferentes fuentes (sintéticos y oxigenantes entre otros), por ejemplo los que limpian el sistema y los que incrementan el octanaje de la gasolina, hacen que se gaste menos gasolina porque al generar una mayor explosión dentro de la cámara de combustión, hace que con menos gasolina trabaje normal o mejor el vehículo.

Algunas ventajas y desventajas se analizan recientemente, ocasionado por el cambio de tipo de aditivo que se utiliza en la actualidad, como son los actualmente llamados oxigenantes ecológicos tales como el Metil-Ter-Butil-Eter (MTBE), el Ter-Amil-Metil-Eter (TAME) y el Etil-Teer-Butil-Eter (ETBE), entre otros, y recientemente introducidos alcoholes y biocombustibles en la gasolina. Se debe asegurar que el cambio de estos aditivos no tendrá consecuencias negativas en el futuro, ya que este cambio será de forma global en la tecnología de las gasolinas, y que en la actualidad existen países que llevan un adelanto increíble en esta materia.

Los beneficios presentes y futuros de los combustibles de bajo azufre y su reducción de compuestos nocivos como son los aromáticos, benceno y ozono (peligrosos para la salud) y la exposición a estos gases, puede ocasionar inflamación pulmonar, depresión del sistema inmunológico frente a infecciones pulmonares e incluso ocasionar la muerte. Con su control se puede tener un aire de buena calidad y por ende una adecuada calidad de vida en la población, lo cual es cada vez más necesario en el mundo, con un número creciente de vehículos, representando una nueva opción para crear un ambiente más limpio y sano.

El conocer la situación actual de México, y la tendencia de las especificaciones para los combustibles, permite contar con elementos de juicio para la toma de decisiones de nuevas tecnologías, con el fin de cumplir con los requerimientos y avances tecnológicos de calidad, demandados por la industria automotriz y la, cada vez más estricta legislación ambiental para la protección de la salud y el medio ambiente.



## Objetivo

- De acuerdo al objetivo actual de esta TESIS que es la EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POR EL USO DE GASOLINAS Y DIESEL DE ULTRA BAJO AZUFRE (UBA), en donde los efectos de externalidades (Morbilidad y Mortalidad) se toman en cuenta como un valioso parámetro indicador de impacto de dichos combustibles, se analizarán los impactos en la población en general.

Otro objetivo a tratar de esta tesis, es el explicar la importancia de la concentración de Azufre en los combustibles fósiles líquidos, como un parámetro importante para determinar su calidad y los efectos sobre la salud, de los combustibles que han ido evolucionando tecnológicamente y seguirán haciéndolo con el objetivo principal de disminuir de manera considerable el impacto ambiental, provocado por las emisiones de los automotores.

Adicionalmente como valor agregado esta tesis intentará hacer:

- Comprender las consecuencias del uso excesivo de las gasolinas y el diesel en automotores en empleo del transporte que afectan de manera importante al ambiente y la salud
- Entender la importancia que el uso intensivo de estos combustibles fósiles en las actividades industriales, ha producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con lo cual se contribuye de manera importante al calentamiento global.
- Interpretar de forma adecuada las consecuencias de afectar a los ecosistemas, además de reconocer los problemas que son originados por el uso de estos combustibles.
- Ilustrar de forma adecuada y sencilla los problemas que son originados por el uso de estos combustibles fuera de especificación de calidad, para mejorar el entendimiento de la población en general y no solo de los tecnólogos y especialistas.

Además advertir el por qué es importante considerar que los combustibles antes mencionados deben estar regulados. Se debe comprender y utilizar la normatividad vigente y actualizada para entender e interpretar el uso y aplicación adecuada de la misma.

A manera tal que estas reglas establecidas no solo sean de ayuda para el país, sino también para el orbe internacional siendo un instrumento de ayuda en bien de la convivencia humana.



## Justificación

En las últimas tres décadas, la tendencia mundial de producir combustibles limpios con menor contenido de azufre y otros compuestos contaminantes muestra un incremento importante, ya que se busca desarrollar y obtener combustibles de mayor calidad. Para satisfacer las actuales demandas tecnológicas y calidad de las gasolinas y diesel requerida por las industrias automotrices y por las Autoridades Ambientales, los combustibles para automotores deben cumplir con toda una serie de especificaciones a nivel internacional.

Para definir la calidad Técnicas de los combustibles se deben reconocer los grandes impactos tanto ambientales, como a la salud y a las demandas que producen los combustibles, así como, las normas que rigen a dichos productos, los problemas relacionados con el medio ambiente y salud originados por la presencia de azufre y de los llamados contaminantes criterio ( $O_3$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  y PST) clasificados así por la Autoridad Ambiental.

Dada la importancia del contenido de azufre y otros contaminantes, tanto en gasolina como en el diesel, es importante que se conozcan las tendencias futuras con respecto al contenido del mismo en estos combustibles, Adicionalmente a los contaminantes denominados criterio se encuentran otros compuestos que es importante mencionar como lo son los Aromáticos, Olefinas, Benceno y que pueden contribuir de manera importante al deterioro ambiental y de salud.

Como se ha mencionado anteriormente, el Ozono es un contaminante, que afecta a la salud y a los ecosistemas. Se requiere la aplicación de medidas para controlar una gran variedad de fuentes de emisión, que promueven su formación. Que en conjunto con los otros tres compuestos son altamente cancerígenos.

A manera de ejemplo una medida de prevención que se ha implementado en los vehículos es el convertidor catalítico, el cuál es un accesorio que se ha incorporado para reducir la concentración de algunos contaminantes que aceleran el proceso de conversión de gases nocivos a gases inofensivos; uno de los inconvenientes actuales, es la cantidad excesiva de azufre contenido en los combustibles para automotores, la cuál genera disminución en la eficiencia y duración del convertidor catalítico.

En las Tres Zonas Metropolitanas del País; Zona Metropolitana Valle de México (ZMVM), Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) y Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), además de utilizar el convertidor catalítico, se han establecido una serie de medidas para reducir la concentración ambiental de emisiones como son: la verificación vehicular, el programa de Hoy no circula entre otros.

Las cuales han logrado que se observen reducciones en la concentración media de los contaminantes.



## 1.0 HISTORIA

La **Ingeniería Química (IQ)** ha estado presente desde la época en que los hombres dominaron el fuego. Desde sus inicios su campo de acción fue tan amplio, que a poco de nacer como disciplina, se hizo preciso definir los programas académicos para definir sus contenidos y la **calidad de la enseñanza**.

Así que en el año 1925 la **AICHE (American Institute of Chemical Engineering fundada en 1908)**, Este programa de acreditación de Ingeniería Química fue la base del Programa Accreditation Board for Engineering and Technology ( **ABET** instituido en el año 1933 como organismo de acreditación y evaluación de tecnología e ingeniería en general).Haciendo un breve recordatorio, no se puede dejar de mencionar aquellos que forjaron el carácter de nuestra profesión, la ingeniería Química que ha sido, es y será.

Como no reconocer a los auténticos Ingenieros Químicos; aquellos que fueron capaces de resolver los problemas de su época, sin disponer de medios; sólo con su voluntad, tesón y con una mente superior y sin duda adelantada para su época.Entre estos personajes debemos destacar a Democritus (440 AC.) propone el concepto de Átomo para describir las partículas indivisibles e indestructibles. \*Arquímedes (250 AC.) quien deduce la Ley de la Palanca y evalúa la densidad relativa de los cuerpos, observando su fuerza de empuje al ser sumergidos en agua.

John Winthrop Jr, en 1635 instala la primera Planta Química en Boston, para producir Nitrato de Potasio (usado para preparar pólvora). Evangelista Torricelli quien inventa el barómetro. Blaise Pascal que determina la presión del aire. Robert Boyle establece la conocida Ley que lleva su nombre.

A mediados del siglo XVIII, comienza la llamada Revolución Industrial. En 1749 se inicia a producir Ácido Sulfúrico usando el método de Cámaras de Plomo. Henry Cavendish descubre el “Aire Inflamable” (después llamado Hidrógeno). Daniel Rutherford describe el “Aire Residual”, primer nombre público del Nitrógeno. Antoine Lavoisier muestra que el fuego se debe a una “reacción exotérmica” entre combustibles y oxígeno.

Jacques Cesar Charles, que estudia el cambio de volumen de los gases con la temperatura y a Nicolás Le Blanc quien desarrolla un proceso para convertir sal común en ceniza de soda .Louis Joseph Gay-Lussac enuncia la Ley de Gases Ideales, se funda la compañía E. I. Du Pont de Nemours and Co. (Du Pont).

Amadeo Avogadro demuestra que a igual condiciones de volumen, presión y temperatura todos los gases contienen el mismo número de moléculas; Número de Avogadro es  $6,023 \times 10^{23}$  Moléculas/ gr mol. La publicación en 1824 de *Reflexions sur la Puissance Motrice du Feu* de Sadi Carnot, establece los principios de la Termodinámica actual.





En 1888 del *Course X* (diez), el primer programa de 4 años de duración de Ingeniería Química, en Estados Unidos dictado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ese mismo año en Manchester Inglaterra, George Davis presenta una nueva profesión a través de *12 Lectures on Chemical Engineering*.

De 1820-1860; Frederic Wöhler sintetiza el primer compuesto orgánico a partir de compuestos inorgánicos (úrea). Jöns Jacob Berzelius publica la primera Teoría General sobre Catálisis. Herman von y Julius Robert Mayer formulan las Leyes de la Termodinámica. Joule demuestra la equivalencia de varias formas de energías (calor, eléctrica, mecánica).

Benjamín Silliman de Connecticut, obtiene productos valiosos por destilación de petróleo (naftaleno, gasolina y solventes). Friederich Kekulé propone que los átomos de C forman cadenas. En 1859 Se perfora el primer pozo exitoso comercialmente de Petróleo en Pennsylvania, este pozo de 70 pies es el inicio de la Industria del petróleo; la que hasta el día de hoy, ha estado estrechamente ligada al desarrollo de la Ingeniería.

Posteriormente de 1900-1920 Georges Davis publica un Manual de **IQ**. Arthur Noyes (MIT) establece, el "Research Lab of Physical Chemistry". Se funda el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE). Se produce por primera vez Amoníaco sintético usando el Proceso Haber en Alemania; Arthur Little difunde el concepto de "Operaciones Unitarias". De 1920-1950 el MIT crea el Departamento de (**IQ**) independiente. Ponchon-Savarit presentan el diagrama de Entalpía-Concentración usado para resolver cálculos de destilación. McCabe y Thiele presentan un método gráfico para estimar el número de etapas teóricas requeridas en una columna de fraccionamiento.

Los profesores de Wisconsin Hougen y Watson destacan la importancia de la Termodinámica en la educación de los (**IQ**). Los profesores de Michigan Katz, Brown, White, Kurata, Standing y Slipevich establecen algunos conceptos básicos en el equilibrio de fases, transferencia de calor, momentum y de masa. Dawnckerts y Denbigh en Inglaterra, comienzan el análisis sistemático de los reactores químicos.

En ellos se estudia variación de temperatura, Transferencia de Masa, los modelos de flujo y los estados estacionarios múltiples. Se edita la 1ª Edición del Perry, "Chemical Engineering Handbook"(1934). Adicionalmente entre 1950's & 60's los profesores de Wisconsin Bird, Steward y Lightfoot unifican conceptos de transporte de masa, momentum y energía.

Su texto "Transport Phenomenon" es clásico y un fenómeno en la educación de los (**IQ**). Para finalizar entre 1960-1990 Comienza a ganar credibilidad el control de procesos químicos por computador. Se obtiene el primer gran éxito de la ingeniería genética al sintetizar insulina humana. Aparecen los softwares para simulación de procesos químicos; aparecen programas como: DESIGN II, ASPEN, SIMSCI (PRO II), HYSIM, CHEMCAD.



En tanto esto ocurría en el mundo, en México la ingeniería química nació de forma muy rápida. En 1916 por el presidente Venustiano Carranza crea la Escuela Nacional de Industrias Químicas (hoy Facultad de Química, UNAM).

En 1941 con la necesidad de tener expertos en la industria petrolera recién nacionalizada se crea la carrera de ingeniería Química en el Instituto politécnico nacional (IPN), en 1948 nace la Escuela Superior de ingeniería Química e industrias extractivas (ESIQIE), la Universidad Autónoma Metropolitana inicia en 1974 con la carrera de ingeniería Química

Hoy en México existen 164 escuelas que ofrecen la carrera, bajo diversas modalidades, adicionalmente en 1958 se crea El instituto de Ingenieros Químicos y en 1965 se crea el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

En 1938 después de nacionalizar el petróleo los ingenieros químicos son actores ante el desafío de mantener operando eficientemente las plantas de PEMEX, son lideradas por ingenieros de la talla de Cesar O. Baptista y Héctor Lara Sosa. En 1950 se instala la primera planta de amoniaco sintético en gusanos y fertilizantes de México, Fertimex.

En 1957 se crea el fierro esponja desarrollado por una empresa y tecnología mexicana (Hylsa). En 1964 Luis Miramontes Cárdenas inventa la píldora anticonceptiva en México, que fue elegida por el departamento de patentes de los Estados Unidos de América, como uno de los 40 inventos más importantes registrados entre 1794 y 1964.

El nombre de Luis Miramontes apareció al lado de Pasteur, Edison, Bell, los Hermanos Wright y otros de igual talla quedando incluido en el "USA Inventors Hall of Fame"

Entre 1970 y 1980 los ingenieros químicos desarrollan una gran capacidad de ejecución de ingeniería básica y de detalle así como de procura y construcción de plantas industriales, además de ser los conductores de la gran expansión de la industria petrolera y petroquímica que permitió ejecutar con una alta integración de personas y equipos, los proyectos de ingeniería básica y de detalle para poner en marcha 3 nuevas refinerías.

Por último no quisiera olvidar mencionar la contribución de los ingenieros químicos mexicanos al bienestar del país que ha sido muy amplia; desde los grandes profesores como Estanislao Ramírez, Alberto Urbina, Alberto Bremauntz, Jesús Ávila, Ernesto Domínguez y Alejandro Anaya entre otros; y nuestros investigadores como Luis Miramontes y desde luego Mario Molina (UNAM, Premio Nobel 1995) a ellos y muchos otros que han sido artífices del desarrollo de la industria y que aportaron grandes cosas a la Ingeniería Química actual.



## 1.1 MEDIO AMBIENTE

Es el entorno que nos afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales que son abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos, además de los valores sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen a las generaciones venideras.

La República Mexicana con una extensión de 50,843 kilómetros cuadrados, particularmente rica en biodiversidad y ecosistemas, alojando un gran número de ambientes de gran belleza. Está cubierta por una inmensidad de regiones selváticas que son el hogar de miles de especies de árboles (caoba, pucté, ciricote, chicozapote, etc.) También está cubierta por la selva mediana siempre verde cuyos árboles llegan a alcanzar los 30 metros de altura y la selva baja. Estas regiones selváticas resguardan la importante cantidad de mamíferos (murciélagos, jaguar, ocelote, venados, tepezcuintle, armadillo, tejón, tapir, jabalí, mono araña, el aullador, etc). De aves tenemos las chachalacas, pavos silvestres y bandadas de pericos por mencionar algunos.

Su litoral de 900 kilómetros forma una franja costera, en el mar Caribe y el Golfo de México. Por la increíble transparencia y las tonalidades multicolores de sus aguas que van desde el blanco al azul profundo, pasando por el espléndido verde turquesa, el Mar Caribe es de los más bellos del planeta. La característica de la costera del Caribe es que es sumamente irregular con puntas, cabos, cayos, bahías, lagunas costeras y las pequeñas caletas de roca caliza producto de la erosión y disolución de antiguas cavernas y cenotes, contornos intrincados y a salvo del oleaje marino. Han servido de refugio para una gran variedad de especies marinas, convirtiéndose en acuarios naturales donde conviven miles de peces de vistosos colores. La franja del Caribe también ofrece playas con blanca y fina arena que tiene la característica de estar siempre fresca.

Tanto en tierra adentro como en la franja costera de la República Mexicana hay una gran variedad de especies por conservar y observar, solo por mencionar algunos ejemplos tenemos que: siete de las ocho especies de tortugas marinas que existen en el mundo depositan sus huevos en las playas de México para su incubación, además la Isla de los Pájaros es el refugio más importante de aves del Caribe albergando a más de 150 especies en las dos lagunas que se encuentran en su costa occidental y otras más tierra adentro rodeadas de manglares.

Esta isla constituye una joya del paisaje natural en 1961 fue decretada zona de reserva natural y refugio de la fauna para proteger las colonias de aves que la visitan y habitan, además en 1986 su playa fue designada zona de reserva y sitio de refugio para la protección, conservación, reproducción, desarrollo y control de las diversas especies. Por estas razones entre otras debemos tener la capacidad de poder cuidar los beneficios que nos provee la naturaleza, por lo cual debemos desarrollar tanto métodos como tecnologías que nos permitan explotar los recursos naturales con una sustentabilidad a largo plazo para una convivencia en armonía con el medio ambiente sin limitar el uso de las mismas.



## CAPITULO II AFECTACION AL MEDIO AMBIENTE Y SALUD

### 2.0 EMISIONES

De acuerdo a la definición de “emisión” esto es del latín (EMISSIO, ONIS): el término emisión está relacionado a la acción y efecto de emitir (arrojar o echar algo hacia fuera, poner en circulación títulos o valores, manifestar una opinión o juicio, lanzar hondas hercianas para difundir informaciones).

Por lo tanto se denomina **emisión contaminante** <sup>(12)</sup>: a los residuos que son emitidos por la actividad humana, ya sea industrial o domestica que afecta al medio.

Adicionalmente las **emisiones vehiculares** <sup>(12)</sup>: son aquellas que emiten los vehículos como fuentes contribuyentes al smog (niebla tóxica) de la ciudad y dificulta la respiración de la población en general.

**Emisiones atmosféricas** <sup>(12)</sup>: están formadas por el conjunto de sustancias en fase gaseosa que se vierten a la atmosfera como el dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y el dióxido de sulfuro entre otros. Esta definición implica, que la contaminación producida por los vehículos forma parte tanto de las emisiones vehiculares como de las emisiones atmosféricas.

### 2.1 ¿Cómo afectan las Emisiones?

Se entiende por **contaminación atmosférica** <sup>(12)</sup> la presencia en el aire ambiente de materias que impliquen riesgo o molestia para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como, que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables originados por los distintos tipos de emisiones contaminantes.

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles, los cuales generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes.

Igualmente, la industria emite gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

Los contaminantes proceden de dos tipos de fuentes emisoras: las **naturales** y las **antropogénicas**.

En el primer caso se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas.

Las emisiones primarias originadas por los focos naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos, mientras que los principales focos antropogénicos de emisiones primarias los podemos clasificar <sup>(12)</sup> como:

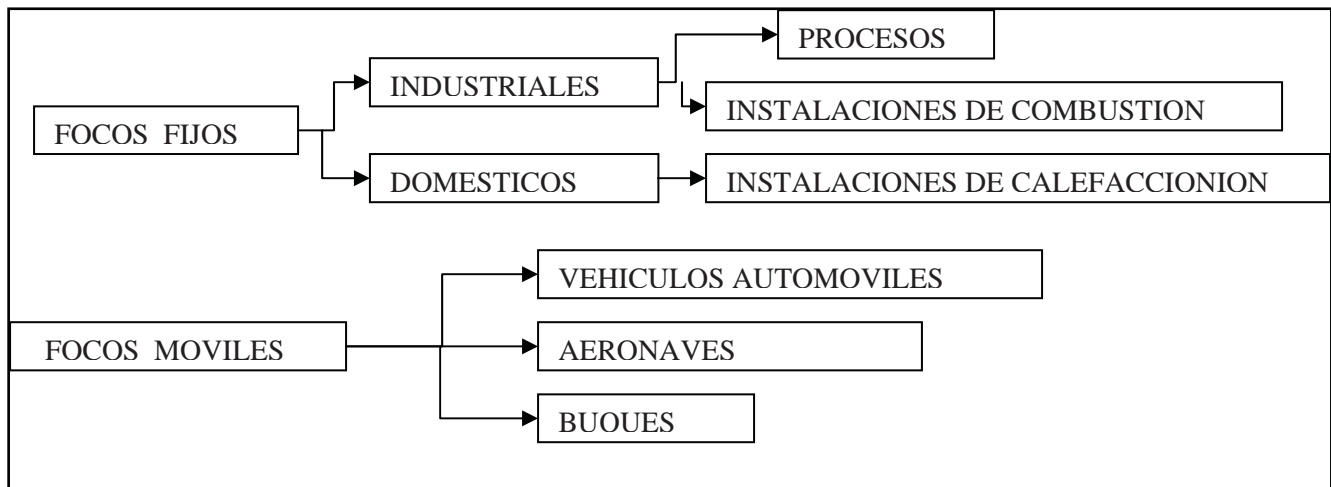


Grafico 2.1 cuadro esquemático de focos primarios de emisiones antropogénicos

## 2.2 Concentraciones (Químicas)

En química, la **concentración**<sup>(16,17)</sup> de una disolución se entiende como la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores. A menor proporción de soluto disuelto en el disolvente, menos concentrada está la disolución, y a mayor proporción más concentrada es ésta.

La concentración de una disolución puede expresarse en términos a) cualitativos y b) cuantitativos, los términos cualitativos (distinción de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principales elementos) o empíricos se usan con expresiones como, la limonada está "muy diluida" o "muy concentrada". Los términos cuantitativos expresan la concentración científica de una manera numérica exacta y precisa. Algunas de estas formas cuantitativas de medir la concentración son: los porcentajes del soluto, la molaridad, la molalidad, y partes por millón, entre otras. Estas formas cuantitativas son las usadas tanto en la industria para la elaboración de productos como también en la investigación científica.

### A) Concentración en términos cualitativos

La concentración de las disoluciones en términos cualitativos, también llamados empíricos, no toma en cuenta cuantitativamente (numéricamente) la cantidad exacta de soluto y disolvente presentes, y dependiendo de su proporción la concentración se clasifica como sigue:

#### Diluida o concentrada<sup>(16)(17)</sup>

Con frecuencia en el lenguaje informal, no técnico, la concentración se describe de una forma cualitativa, con el uso de adjetivos como "diluido" o "débil" para las disoluciones de concentración relativamente baja, y de otros como "concentrado" o "fuerte" para las disoluciones de concentración relativamente alta. En una mezcla esos términos relacionan la cantidad de una sustancia con la intensidad de los efectos o propiedades, como el color, sabor, olor, viscosidad, etc.



Dependiendo de la proporción de soluto con respecto al disolvente, una disolución puede estar en dos formas que son, diluida o concentrada:

**1) Disolución diluida** <sup>(16) (17)</sup>: Es aquella en donde la cantidad de soluto está en una pequeña proporción en un volumen determinado.

**2) Disolución concentrada** <sup>(16) (17)</sup>: Es la que tiene una cantidad considerable de soluto en un volumen determinado. Las soluciones saturadas y sobresaturadas son altamente concentradas.

**a) Insaturada, saturada o sobresaturada** <sup>(16) (17)</sup>

La concentración de una disolución puede clasificarse, en términos de la solubilidad. Dependiendo de si el soluto está disuelto en el disolvente en la máxima cantidad posible, o menor, o mayor a esta cantidad, para una temperatura y presión dada:

**b) Disolución insaturada** <sup>(16) (17)</sup>: Es la disolución que tiene una menor cantidad de soluto que el máximo que pudiera contener a una temperatura y presión determinadas.

**c) Disolución saturada** <sup>(16) (17)</sup>: Es la que tiene la máxima cantidad de soluto que puede contener a una temperatura y presión determinadas. Una vez que la disolución está saturada ésta no disuelve más soluto. En ellas existe un equilibrio entre el soluto y el disolvente.

**d) Disolución sobresaturada** <sup>(16) (17)</sup>: Es la que contiene un exceso de soluto a una temperatura y presión determinadas (tiene más soluto que el máximo permitido en una disolución saturada).

**B) Concentración en términos cuantitativos** <sup>(16,17)</sup>

Para usos científicos o técnicos, una apreciación cualitativa de la concentración casi nunca es suficiente, por lo tanto las medidas cuantitativas son necesarias para describir la concentración. A diferencia de las concentraciones expresadas de una manera cualitativa o empírica, las concentraciones expresadas en términos cuantitativos o valorativos se toman en cuenta de una manera muy precisa las proporciones entre las cantidades de soluto y disolvente que se están utilizando en una disolución.

Este tipo de clasificación de concentraciones es muy utilizada en la industria, los procedimientos químicos, la ciencia, etc. Ya que en todos ellos es necesario mediciones muy precisas de las concentraciones de los productos. Hay diferentes maneras de expresar la concentración cuantitativamente. Se basan en la masa, el volumen, o ambos. Dependiendo en lo que están basados, no siempre es trivial convertir una medida a otra, porque el conocimiento de la densidad puede ser necesario. En términos cuantitativos (ó valorativos), la concentración de la disolución puede expresarse como:

- a) Porcentaje masa-masa (% m/m)
- b) Porcentaje volumen-volumen (% V/V)
- c) Porcentaje masa-volumen (% m/V)

A continuación se presentan algunas de las formulas y de expresiones utilizadas para los cálculos de concentración de los compuestos correspondientes a cada norma establecida en la legislación ambiental:



$$1) \text{ Molaridad } M = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{litros de disolución}}$$

$$2) \text{ Molalidad } M = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{Kg de disolvente}}$$

$$3) \text{ Formalidad } F = \frac{n^{\circ} PFG}{\text{litro disolución}}$$

$$4) \text{ Normalidad } N = \frac{\text{equivalentes de soluto}}{\text{litros de disolución}}$$

$$5) \text{ Fracción molar } Fm = \frac{n^{\circ} \text{moles}}{\text{moles totales}}$$

d) En concentraciones muy pequeñas y precisas: para el caso de esta tesis y típicamente empleadas para describir las concentraciones correspondientes en cada caso son:

- 1) Partes por millón (PPM)
- 2) Partes por billón (PPB)
- 3) Partes por trillón (PPT)

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se emplean las unidades  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ .

### 2.3 CONTAMINANTES CRITERIO

El aire se contamina principalmente a consecuencia de una gran variedad de actividades que desarrollamos de manera cotidiana; tanto a nivel individual (uso del automóvil, fumar, la quema de basura, utilización de servicios, etc.), como a nivel institucional o empresarial (la quema de combustible en la industria o el uso de solventes, entre otras), el resultado de estas actividades es la emisión de gases o partículas contaminantes al aire que pueden afectar nuestra salud y a nuestros ecosistemas.

La clasificación de los contaminantes y sus consecuencias para el ser humano son de importancia ya que sirven para establecer parámetros los cuales regulan la calidad del aire. Los contaminantes del aire están clasificados como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterios se han identificado como perjudiciales para la salud de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en los Estados Unidos (EU), con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran, el medio ambiente y el bienestar de la población. Actualmente el término “contaminantes criterio” ha sido adoptado por muchos países. La contaminación del aire es un problema generalizado. Los habitantes de las zonas urbanas densamente pobladas e industrializadas que cuentan con un importante parque vehicular, son los primeros en percibir sus efectos adversos sobre la salud, a continuación se enumeran los más importantes contaminantes CRITERIO establecidos así por el gobierno Mexicano para expresar el grado de contaminación ambiental por cada compuesto contaminante:

1. Bióxido de azufre (**SO<sub>2</sub>**)
2. Bióxido de nitrógeno (**NO<sub>2</sub>**)
3. Material Particulado (**PM**)
4. Monóxido de carbono (**CO**)
5. Ozono (**O<sub>3</sub>**)



Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas. Las guías son recomendaciones que establecen los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos, a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas de los contaminantes atmosféricos que se permiten durante un período definido, estos valores límite son diseñados con un margen de protección ante los riesgos y tienen la finalidad de proteger la salud humana y el medioambiente.

### 1. Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)<sup>(43)</sup>.

El SO<sub>2</sub> pertenece a la familia de los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) que son gases incoloros que se forman al quemar azufre y tienden a disolverse fácilmente en agua. La fuente primaria de SO<sub>x</sub>, la quema de combustibles fósiles, que contienen azufre en su composición. Sin embargo, dentro de los SO<sub>x</sub>, se incluyen a otros compuestos de azufre de origen natural, como el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y el di-metilsulfuro (CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>) proveniente de erupciones volcánicas y de la brisa marina.

El SO<sub>2</sub> puede transformarse en otros productos, tales como partículas finas de sulfato (SO<sub>4</sub>) y niebla de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en México es el valor normado para la protección de la salud de la población en la norma NOM-022-SSA1-1993<sup>(43)</sup>.

### 2. Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)<sup>(43)</sup>.

Este gas pertenece a los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), término genérico comúnmente empleado para referirse a un grupo de gases altamente reactivos, que contienen diferentes cantidades de oxígeno y nitrógeno como el óxido nítrico (NO) y bióxido de nitrógeno.

Los óxidos de nitrógeno se forman cuando un combustible es quemado a altas temperaturas y/o cuando éste contiene compuestos nitrogenados. Las principales fuentes antropogénicas de NO<sub>x</sub>, son los vehículos automotores, plantas de generación de electricidad, y otras fuentes industriales, comerciales y residenciales que queman combustibles.

Los NO<sub>x</sub> pueden formarse también naturalmente, por la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos y en menor grado en tormentas eléctricas. El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en México es el valor normado para la protección de la salud de la población en la norma NOM-023-SSA1-1993<sup>(43)</sup>.

### 3. Material Particulado (PM)<sup>(43)</sup>.

El material Particulado forma una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. Las partículas se forman por procesos naturales como la polinización de las plantas e incendios forestales y por fuentes antropogénicas que abarca, desde la quema de combustibles hasta la fertilización de campos agrícolas. Las partículas pueden ser directamente emitidas de la fuente, como partículas primarias y pueden formarse partículas secundarias cuando reaccionan algunos gases en la atmósfera tales como: los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, el amoníaco, los compuestos orgánicos, etc.





En varios estudios, llevados a cabo en Estados Unidos y en Europa. El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto a partículas menores de 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>) es el valor normado para la protección de la salud de la población en la norma: NOM-025-SSA1-1993<sup>(43)</sup>; para PM<sub>10</sub> en la norma NOM-025-SSA1-1993<sup>(43)</sup>; y para PST en la norma NOM-024-SSA1-1993<sup>(43)</sup>.

#### 4. Monóxido de carbono (CO)<sup>(43)</sup>.

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal, pues impide el transporte del oxígeno a la sangre, lo que puede ocasionar una reducción significativa en la dotación de oxígeno al corazón. El monóxido de carbono se forma en la naturaleza mediante la oxidación del metano (CH<sub>4</sub>), que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina por falta de oxígeno. El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al monóxido de carbono (CO) es el valor normado para la protección de la salud de la población en la norma NOM-021-SSA1-1993<sup>(43)</sup>.

#### 5. Ozono (O<sub>3</sub>)<sup>(43)</sup>.

El ozono es un compuesto gaseoso incoloro, que posee la capacidad de oxidar materiales. El ozono es un contaminante secundario que se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al ozono (O<sub>3</sub>) es el valor normado para la protección de la salud de la población en la norma NOM-020-SSA1-1993<sup>(43)</sup>.

### 2.4 Azufre y sus Compuestos

Son miles los compuestos químicos que constituyen el petróleo, y, entre muchas otras propiedades, estos compuestos se diferencian por su volatilidad. Las curvas de destilación TBP (del inglés "true boiling point", temperatura de ebullición real) distinguen a los diferentes tipos de petróleo y definen los rendimientos que se pueden obtener de los productos por separación directa. En México una de las características principales del crudo es el alto contenido de azufre y metales que componen las mezclas mexicanas. Con respecto al contenido de azufre, este es otro determinante del precio del crudo: mientras más azufre contenga el crudo, mayores serán los costos de refinamiento por lo tanto entre mas azufre contenga el crudo, menor será su precio.

De acuerdo al contenido de azufre, el petróleo puede clasificarse en petróleo dulce (Sweet Crude Oil) contiene menos de 0.5% de contenido sulfuroso y es utilizado para la producción de naftas, mientras que el petróleo agrio (Sour Crude Oil). El tiene al menos 1% de contenido sulfuroso, y es utilizado para la producción de diesel. Con el desarrollo industrial, principalmente con el incremento continuo en la fabricación de automóviles de combustión interna, se generan contaminantes peligrosos para la vida, como son los óxidos de azufre. Casi siempre el 95% del azufre en el combustible se emitirá como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), del 1% al 5% como trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) y un 3% como partículas de azufre; aunque estas últimas no se consideran como parte del total en las emisiones de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>).<sup>21</sup>



Los valores establecidos para la protección de la salud de la población se encuentran registrados en las normas NOM-086/ NOM-148 entre otras en donde se describen las características y límites correspondientes en cada caso.

### Ciclo del Azufre

Por ser un elemento fundamental el azufre es un nutriente requerido por plantas y animales para realizar diversas funciones, además está presente en prácticamente todas las proteínas y de esta manera es un elemento absolutamente esencial para todos los seres vivos.

El azufre circula a través de la biosfera, por una parte se comprende el paso desde el suelo o bien desde el agua (sistema acuático), a las plantas, a los animales y regresa nuevamente al suelo o al agua. Principalmente el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el bisulfuro de carbono ( $\text{CS}_2$ ), son emitidos de sistemas acuáticos; mientras que el  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$  es producto del fitoplancton oceánico.

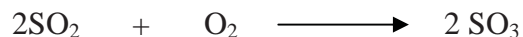
Algunos de los compuestos de azufre presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos. Este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

Una gran cantidad de azufre es liberado a la atmósfera como  $\text{SO}_2$ , producido por la combustión de combustibles que contienen azufre.

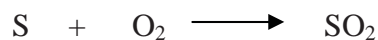
Una pequeña cantidad de los óxidos de azufre producidos en los procesos de combustión se emiten como  $\text{SO}_3$  en vez de  $\text{SO}_2$ .<sup>22</sup> Cuando está presente en el aire, la descomposición de los compuestos de azufre produce sulfatos ( $\text{SO}_4$ ).



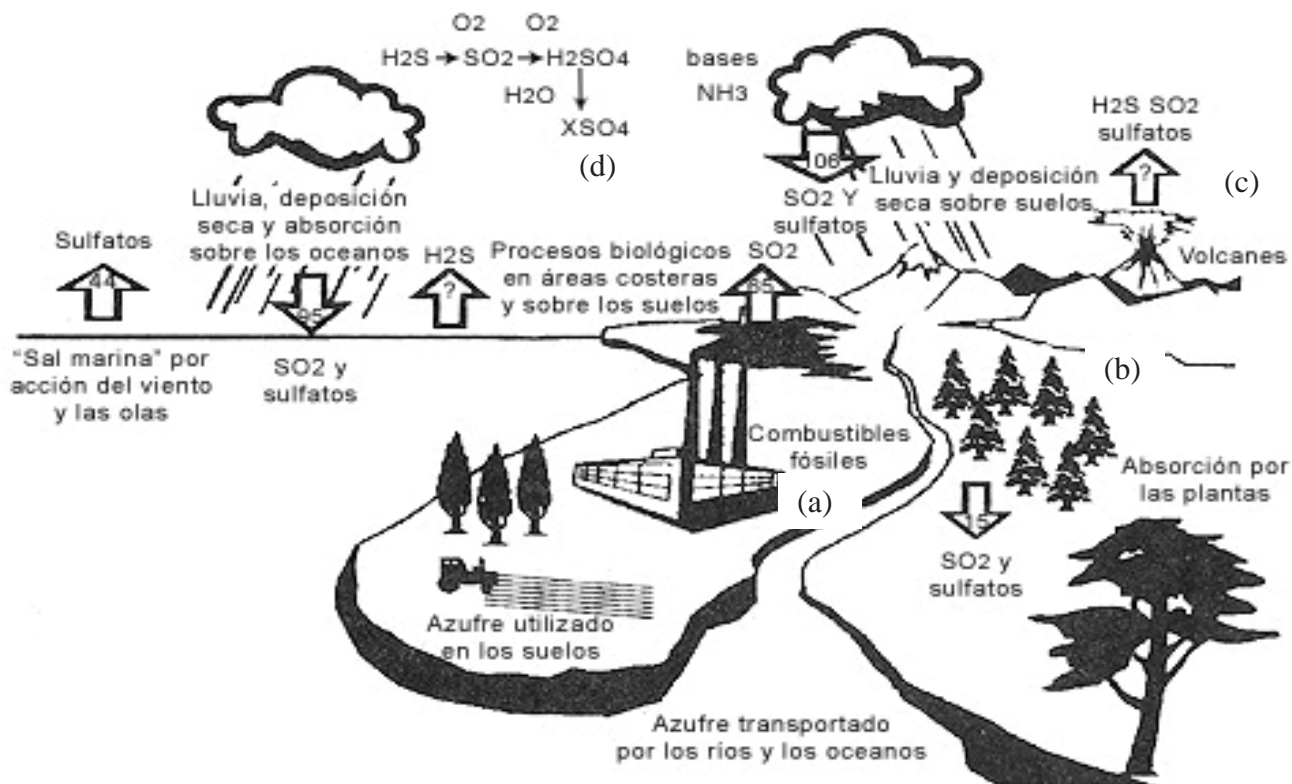
La oxidación del dióxido de azufre y su disolución en el agua de lluvia produce ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y sulfatos ( $\text{SO}_3$ ), formas principalmente bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres.



El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera dióxido de azufre a la atmósfera.



El agua de lluvia que contiene  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es ácida y contribuye a la acidificación de lagos y arroyos.



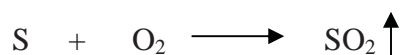
En el siguiente Grafico 2.4.1 se ilustra gráficamente el ciclo del azufre en el medio ambiente <sup>(5)</sup>

Durante el ciclo del azufre los principales sucesos que se presentan son los siguientes:

- El azufre, como sulfato, es aprovechado e incorporado por los vegetales.
- Los consumidores primarios adquieren el azufre cuando se alimentan de estas plantas.
- El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) o dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), ambos gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.
- Cuando en la atmósfera se combinan compuestos del azufre con el agua, se forma ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y al precipitarse lo hace como lluvia ácida.

### Dióxido de Azufre

Es un gas incoloro, de olor picante e irritante y más pesado que el aire. Se disuelve ligeramente en el agua formando ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), que acelera la corrosión de los metales y de los materiales de construcción.<sup>21</sup> Es un contaminante producido durante el proceso de combustión de los combustibles con contenido de azufre.



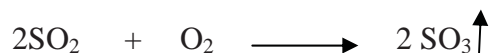
En la Ciudad de México el dióxido de azufre presenta una concentración máxima alrededor de las 9:00 a.m. y disminuye al romperse la inversión térmica.<sup>21</sup>



## Trióxido de Azufre

Se presenta en la atmósfera en estado líquido o sólido. Es incoloro y de sabor amargo. Tiene una elevada afinidad con el agua, de tal forma que cuando se descarga en la atmósfera se combina rápidamente para con ella formar  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .<sup>21</sup> El dióxido de azufre también puede ser oxidado en la atmósfera para formar  $\text{SO}_3$  principalmente por reacción con otros componentes de una atmósfera urbana contaminada.

Una pequeña cantidad de los óxidos de azufre producidos en los procesos de combustión se emiten como  $\text{SO}_3$ .



## 2.5 Lluvia Ácida

Uno de los principales problemas ambientales más graves en la actualidad que afecta a muchas regiones del mundo es la lluvia ácida. Los compuestos precursores más importantes para determinar la lluvia ácida son azufre y nitrógeno.

La **lluvia ácida** se forma cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo.

En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo así la lluvia ácida. Los contaminantes atmosféricos primarios que dan origen a la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, trasladándolos los vientos a cientos o miles de kilómetros antes de precipitar en forma de rocío, lluvia, llovizna, granizo, nieve, niebla o neblina. Cuando la precipitación se produce, puede provocar importantes deterioros en el ambiente.

La lluvia normalmente presenta un pH de aproximadamente de 5.65 (ligeramente ácido), debido a la presencia del  $\text{CO}_2$  atmosférico, que forma ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Se considera lluvia ácida si presenta un pH de menos de 5 y puede alcanzar el pH del vinagre (pH 3).

Estos valores de pH se alcanzan por la presencia de ácidos como el ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , y el ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ .

Estos ácidos se forman a partir del dióxido de azufre,  $\text{SO}_2$ , y el monóxido de nitrógeno que se convierten en ácidos. Los hidrocarburos y el carbón usados como fuente de energía, en grandes cantidades, pueden también producir óxidos de azufre y nitrógeno y el dióxido de azufre. Todas las formas de precipitación con valor de pH igual o menor de 5.6, se clasifican como lluvia ácida.

<sup>(5)</sup> Un pH de 7 significa neutralidad; valores superiores, alcalinidad y valores inferiores, acidez.

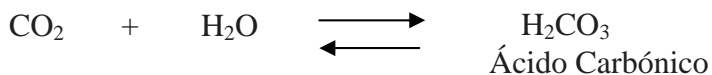


## Origen de la Lluvia Ácida

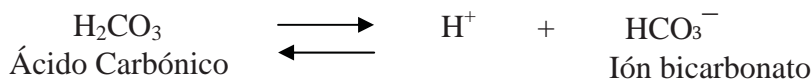
La lluvia ácida y otros tipos de precipitación ácida como neblina, nieve, han llamado recientemente la atención pública como problemas específicos de contaminación atmosférica secundaria; sin embargo, la magnitud potencial de sus efectos es tal, que cada vez se le dedican más estudios, tanto científicos como políticos ya que en la actualidad hay datos que indican que la lluvia es en promedio 100 veces más ácida que hace 200 años.

De una manera natural, el bióxido de carbono, al disolverse en el agua de la atmósfera, produce una solución ligeramente ácida que disuelve con facilidad algunos minerales. Sin embargo, esta acidez natural de la lluvia es muy baja en relación con la que actualmente los ácidos fuertes como el sulfúrico y el nítrico, sobre todo la lluvia que se origina cerca de las zonas muy industrializadas como las del norte de Europa y el noreste de los estados unidos.

Este fenómeno se refiere a la precipitación que es significativamente más ácida que la lluvia natural (es decir, no contaminada), la cual a su vez es algo ácida, debido a la presencia en ella de dióxido de carbono atmosférico, el cual forma ácido carbónico: <sup>(12)</sup>

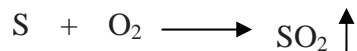


El  $\text{H}_2\text{CO}_3$  se ioniza parcialmente para liberar un ión hidrógeno, con la consecuente reducción en el pH del sistema:



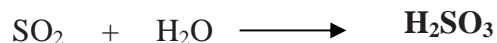
Los ácidos fuertes, como el HCl emitido por erupciones volcánicas, pueden originar, temporalmente lluvia ácida. Los dos ácidos predominantes en una lluvia ácida son el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). <sup>(12)</sup>

Las reacciones químicas asociadas son: <sup>(20)</sup>

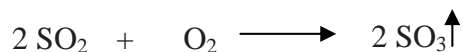


Formación de los ácidos, por la acción del vapor de agua sobre los óxidos ácidos:

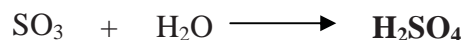
El  $\text{SO}_2$  reacciona con el vapor de agua produciéndose así el **ácido sulfuroso**:



A su vez por oxidación del  $\text{SO}_2$  se

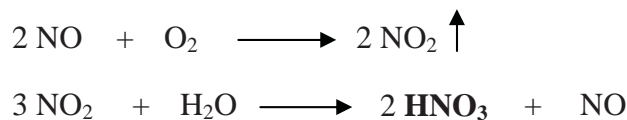


Más  $\text{SO}_3$ , que con el vapor de agua se produce el **ácido sulfúrico**:





La formación del **ácido nítrico** en la lluvia ácida, se da al combinarse el vapor de agua con los óxidos de nitrógeno, que desprenden, entre otros, los tubos de escape de los coches, (el NO se produce en los motores de combustión interna y se oxida fácilmente a NO<sub>2</sub>).



Los habitantes de todos los países estamos expuestos a sustancias extrañas al medio ambiente, muchas de las cuales invaden el aire que respiramos y son nocivas para la salud.

Otras sustancias de naturaleza coloidal o gaseosa como el monóxido de carbono, el ozono, polvos y humos son prácticamente ubicuas en el ambiente aéreo y resultan de procesos naturales abióticos y bióticos: actividad volcánica y geotérmica, descargas eléctricas, incendios forestales, fermentación y respiración celular, etc. Todas las sustancias se mantienen durante largo tiempo en rangos de concentración estrechos gracias a eficientes mecanismos de reciclamiento a cargo de la propia naturaleza. Sin embargo, la actividad industrial genera ahora tales cantidades de sustancias extrañas que están alcanzando ya el nivel de contaminantes peligrosos, puesto que rebasan la capacidad del ecosistema para deshacerse de ellos, y sus niveles tienden hacia el aumento, permanencia e irreversibilidad.

En consecuencia, la sociedad contemporánea está preocupada, cada vez más consciente y atenta a los problemas del entorno en que se vive. Ver el aire de la ciudad que se habita saturado de humo, polvo y pensar: "eso es lo que respiramos día tras día" nos preocupa.

La mayor fuente de contaminación atmosférica es el uso de combustibles fósiles como energéticos. Petróleo, gas y carbón son usados en cantidades enormes, del orden de millones de toneladas por día, y los desechos de su combustión se arrojan a la atmósfera en forma de polvo, humo y gases. Los dos primeros podemos verlos y nos desagradan, pero los gases que no podemos ver, son los más peligrosos.

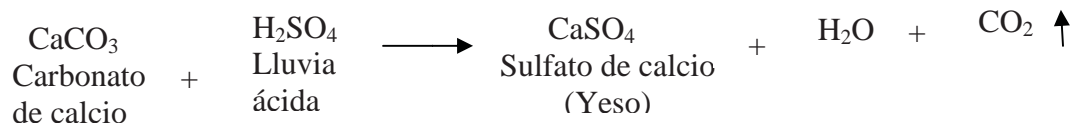
### **Daños originados por la Lluvia Ácida**

La lluvia ácida causa multitud de efectos nocivos tanto sobre los ecosistemas como sobre los materiales, a continuación se presentan algunos de ellos: <sup>(5)</sup>

- a) Aumenta la acidez de las aguas de ríos y lagos, lo que se traduce en importantes daños en la vida acuática.
- b) Aumenta la acidez de los suelos, lo que se traduce en cambios en la composición de los mismos, produciéndose la pérdida de nutrientes esenciales.
- c) La vegetación expuesta directamente a la lluvia ácida sufre no sólo las consecuencias del deterioro del suelo, sino también un daño directo que puede llegar a ocasionar incluso la muerte de muchas especies. Quema las plantas, haciendo que se vuelvan amarillas y mueran. Puede destruir ecosistemas completos.

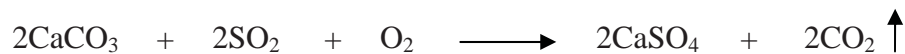


d) Las construcciones con piedra caliza y mármol experimentan muchos daños, una reacción común es: <sup>(9)</sup>



Es decir, el mármol se transforma en yeso, y éste es disuelto por el agua con mucha mayor facilidad provocando el desmoronamiento de la piedra.

El dióxido de azufre también puede atacar directamente al carbonato de calcio: <sup>(9)</sup>



f) Deteriora la calidad de vida (los contaminantes irritan los ojos y producen problemas respiratorios)

## 2.6 AROMÁTICOS

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), Se definen como **aromáticos** al polímero cíclico conjugado que cumple la Regla de Hückel. Se clasifican como 2A o 2B. Para que se dé la aromaticidad, deben cumplirse ciertas premisas, por ejemplo que los dobles enlaces resonantes de la molécula estén conjugados y que se den al menos dos formas resonantes equivalentes. La estabilidad excepcional de estos compuestos y la explicación de la regla de Hückel ha sido explicada cuánticamente, mediante el modelo de "partícula en un anillo".

Originalmente el término estaba restringido a un producto del alquitrán mineral, el benceno, y a sus derivados, pero en la actualidad incluye casi la mitad de todos los compuestos orgánicos; el resto son los llamados alifáticos.

El máximo exponente de la familia de los aromáticos es el benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), pero existen otros ejemplos, como la familia de anúlenos, hidrocarburos monocíclicos totalmente conjugados de fórmula general (CH)<sub>n</sub>. Algunos de los HAPs son manufacturados.

Estos HAPs puros generalmente son sólidos incoloros, blancos o amarillo-verde pálido. Los HAPs se encuentran en alquitrán, petróleo crudo, creosota y alquitrán para techado, aunque unos pocos se usan en medicamentos o para fabricar tinturas y pesticidas

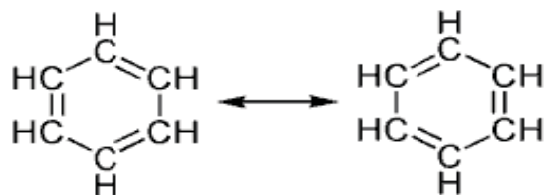


Grafico 2.6 Hidrocarburos aromáticos



## 2.7 OLEFINAS

Una **olefina** es un compuesto que presenta al menos un doble enlace Carbono-Carbono. Es un término anticuado que está cayendo en desuso. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) ha internacionalizado el término alqueno. Se utilizan como monómeros en la industria petroquímica para la obtención de polioleofinas, como es el polietileno, formado por la polimerización del etileno. El nombre viene de las propiedades que presentaban los primeros alquenos, el etileno (eteno con las normas de la IUPAC) principalmente, que al reaccionar con halógenos daban lugar a compuestos líquidos, viscosos, transparentes e insolubles en agua: óleos

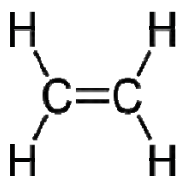


Grafico 2.7 Molécula generalizada de olefinas

## 2.8 BENCENO

El **benceno** es un hidrocarburo poliinsaturado de fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_6$ , con forma de anillo (se le llama anillo bencénico, o aromático, ya que posee un olor particularmente llamativo para cierto tipo de individuos) y puede considerarse una forma poliinsaturada del ciclohexano. En el benceno cada átomo de carbono ocupa el vértice de un hexágono regular, ocupa dos valencias con los dos átomos de carbonos adyacentes, una tercera valencia con un átomo de hidrógeno y la cuarta denominada 'oculta' dirigiéndola hacia el centro del anillo hexagonal formada en algunos casos de carbono y en otros de alguna base nitrogenada. Cada átomo de carbono comparte su electrón libre con toda la molécula (según la teoría de orbitales moleculares), de modo que la estructura molecular adquiere una gran estabilidad y elasticidad.

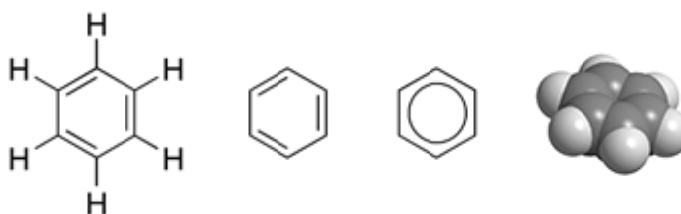


Grafico 2.8 Molécula de Benceno

## 2.9 OZONO ( $\text{O}_3$ )

El ozono es una molécula formada por 3 átomos de oxígeno, es un gas de color azul pálido y al licuarse forma un líquido azul oscuro.<sup>2</sup> Químicamente es muy activo. Se produce cuando los hidrocarburos reaccionan con los óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. Muchas áreas urbanas en el mundo sufren episodios de contaminación del aire, durante los cuales se incrementa la cantidad de ozono en la troposfera y contribuye a la formación del smog fotoquímico.





El smog fotoquímico se emplea para designar la existencia de contaminantes generados por la acción solar. Para que una ciudad esté sometida a un episodio de smog fotoquímico, deben darse diversas condiciones.

En primer lugar, debe haber un tráfico importante que emita al aire suficiente NO; hidrocarburos y otros compuestos orgánicos volátiles. En segundo lugar, el tiempo debe ser cálido y lucir mucho Sol. Finalmente, debe haber, relativamente poco movimiento de masas de aire de manera que los reactivos no se diluyan.<sup>12</sup> En la atmósfera contaminada ocurren reacciones fotoquímicas, las que forman productos muy irritantes. Los más peligrosos se forman a partir de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y la acción de la luz.<sup>20</sup>



Este átomo de oxígeno liberado es muy reactivo, y forma ozono en presencia del oxígeno molecular:



A diferencia del ozono que existe en la troposfera. La presencia de ozono en la estratosfera absorbe las ondas ultravioleta enviadas por el sol. La llamada capa de ozono, protege a la tierra de los rayos ultravioletas.

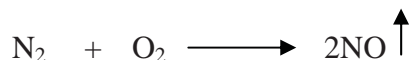
## 2.10 Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Se producen en todos los procesos de combustión por la oxidación del nitrógeno del aire o de un hidrocarburo nitrogenado que tenga la gasolina.<sup>5</sup> En la Ciudad de México las concentraciones de los óxidos de nitrógeno son atribuibles tanto a la industria como al transporte, los óxidos de nitrógeno más usuales se presentan como óxido nítrico (NO) y como dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

### Óxido Nítrico (NO)

Es un gas incoloro, inerte en temperatura normal pero oxidante en temperaturas altas. Se produce por oxidación del nitrógeno atmosférico.<sup>21</sup>

El óxido nítrico es la principal forma de emisiones de NOx del vehículo, se oxida rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). A las elevadas temperaturas en las que ocurre la combustión, los gases nitrógeno y oxígeno del aire se combinan entre ellos en parte para formar óxido nítrico (NO), la reacción es la siguiente:

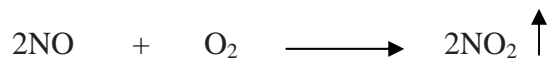


Se estima que el 10% del óxido nítrico es originado en procesos industriales, mientras que el 90% restante proviene de la combustión del petróleo y sus derivados.<sup>21</sup>



### Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Gas de color pardo rojizo y olor desagradable que en temperatura ambiente está en equilibrio con el óxido nítrico. Es el principal causante del color característico del smog fotoquímico.<sup>21</sup> Entre los óxidos de nitrógeno, el NO<sub>2</sub> es el de mayor interés para efectos de la contaminación. Este contaminante se genera cuando el nitrógeno contenido en los combustibles en presencia del aire es oxidado, la reacción que se presenta es la siguiente:



### 2.11 Hidrocarburos, HC

Los Hidrocarburos son conocidos también como compuestos orgánicos volátiles. En los hidrocarburos la volatilidad se relaciona con el número de carbonos, a mayor número, el punto de ebullición es más elevado.<sup>21</sup> La mayoría de los hidrocarburos contaminantes se descargan al aire durante la combustión incompleta, en especial por los motores de gasolina de los automóviles.<sup>6</sup>

Los resultados obtenidos en investigaciones del Instituto Mexicano del Petróleo, indican que los alcanos son las especies con mayor abundancia en la atmósfera de la ZMVM, entre los principales hidrocarburos se encuentran los siguientes: <sup>11</sup>

Propano	Etileno
n-Butano	n-Hexano
Tolueno	Metil ter-butil éter
i-Pentano	Benceno
i-Butano	Etano
Acetileno	Propileno

### 2.12 Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas no irritante, incoloro, inodoro, insaboro, tóxico y es más ligero que el aire. Se forma durante la combustión incompleta, que ocurre cuando no existe suficiente oxígeno para completar la oxidación del carbono de los combustibles y formar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).<sup>21</sup>

La reacción de formación de CO es la siguiente:



Entre las fuentes antropogénicas relacionados con la emisión de CO, están los vehículos de motor, quema de combustibles fósiles y procesos industriales.<sup>18</sup> El máximo comportamiento de este contaminante en la Ciudad de México se presenta en la mañana y coincide con el periodo de mayor tránsito urbano, el segundo valor más elevado está directamente relacionado con el incremento del tránsito, que ocurre al final de la jornada diurna.<sup>21</sup>



### 2.13 Material Particulado (PM)

Es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones. Las partículas de fuentes móviles tienden a caer en una distribución bi-modal referidas como “modo de núcleos” son de un diámetro inferior a 0,05 micrones (micrón = 1 millonésima de metro) y están generalmente compuestas de hidrocarburos, sulfuro y cenizas metálicas, y “modo de acumulación”, tienen un rango de tamaño desde 0,05 a 0,5 micrones y contienen carbono elemental y orgánico, nitrato, sulfato, y diferentes cenizas metálicas.

Después de su emisión, las partículas experimentan reacciones químicas en el aire, por esto su composición y tamaño varían dependiendo de la proximidad a las fuentes, el clima y otros factores. Las partículas ambientales generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones).

La EPA y otras agencias alrededor del mundo regulan el nivel de partículas de un diámetro inferior a 10 micrones (MP10), también regulan las partículas inferiores a 2,5 micrones de diámetro (MP2.5), un gran número de estudios epidemiológicos en la última década han reportado una relación entre la exposición a corto plazo a MP10 y MP2.5 y el aumento en la morbilidad y mortalidad,

La evidencia de los efectos del material particulado (PM) como contaminante del aire ha llevado a las autoridades ambientales a tomar medidas efectivas para reducir las emisiones de material particulado de la industria y de los vehículos automotores de esta manera, el Material particulado ó Partículas Totales Suspendidas (PTS) se define como la acumulación de gotitas de un sólido o líquido en la atmósfera ambiental generada a partir de alguna actividad antropogénica o natural.

Si una corriente de aire contaminado es visible, las partículas que contienen lo provocan. Si la masa de aire sobre una ciudad es brumosa, las partículas que están en el aire causan la bruma, los contaminantes en partículas no son químicamente uniformes, sino más bien entran en una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos son mucho más nocivos para la salud, las propiedades y la visibilidad que otros. El interés por las partículas atmosféricas se debe a que: Afecta el balance de radiación terrestre y poseen efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones bloqueándolos y evitando el paso del aire, ocasionando efectos dañinos, sin embargo, las medidas demandan un largo tiempo en tomarse.

### 2.14 Contribución al cambio climático

El cambio climático se puede dar por dos causas cuando se produce por causas naturales o cuando es ocasionada por **cambio climático antropogénico**.

1) Cuando se produce constantemente por causas naturales se lo denomina también **variabilidad natural del clima**.



El clima es un promedio de una escala del tiempo atmosférico. Sobre el clima influyen muchos fenómenos; consecuentemente, cambios a largo plazo en estos fenómenos provocan cambios climáticos. Un cambio en la emisión del Sol, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y el balance radiativo terrestre, alterando así el clima planetario cuando se trata de procesos de larga duración. Estas influencias se pueden clasificar en externas e internas a la Tierra. Las externas también reciben el nombre de forzamientos dado que normalmente actúan de forma sistemática sobre el clima, aunque también los hay aleatorios como es el caso de los impactos de meteoritos (astroblemas).

2) En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa la expresión **cambio climático antropogénico**. Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etcétera. Son debidos tanto a causas naturales como antropogénicas, el término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. (Convención de las Naciones Unidas) sobre el Cambio Climático usa el término *cambio climático* sólo para referirse al cambio por causas humanas.

Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias globales y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que simulan la física de la atmósfera y de los océanos. La naturaleza caótica de estos modelos hace que en sí tengan una alta proporción de incertidumbre.

El ser humano es hoy uno de los agentes climáticos de importancia, incorporándose a la lista hace relativamente poco tiempo. Su influencia comenzó con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, pero en la actualidad su influencia es mucho mayor al producir la emisión abundante de gases que producen un efecto invernadero: CO<sub>2</sub> en fábricas y medios de transporte y metano en granjas de ganadería intensiva y arrozales.

Actualmente tanto las emisiones de gases como la deforestación se han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que se reduzcan a corto y medio plazo, por las implicaciones técnicas y económicas de las actividades involucradas. A finales del siglo XVII que el hombre empezó a utilizar combustibles fósiles. La quema de petróleo, carbón y gas natural ha causado un aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera que últimamente es de 1,4 ppm al año y produce el consiguiente aumento de la temperatura. Se estima que desde que el hombre mide la temperatura hace unos 150 años (época industrial) ésta ha aumentado 0,5 °C y se prevé un aumento de 1 °C en el 2020 y de 2 °C en el 2050.



Además del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), existen otros gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global, tales como el gas metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), los cuales están contemplados en el Protocolo de Kioto.

A principios del siglo XXI el calentamiento global parece irrefutable, a pesar de que las estaciones meteorológicas en las grandes ciudades han pasado de estar en la periferia de la ciudad, al centro de ésta y el efecto de isla urbana también ha influido en el aumento observado. Los últimos años del siglo XX se caracterizaron por poseer temperaturas medias que son siempre las más altas del siglo.

Las Contribución de México a las emisiones globales, por el volumen total de sus emisiones contribuye con alrededor de 1.5% <sup>42</sup> al problema global, en contraste con los grandes emisores históricos: Estados Unidos, Unión Europea y China, que vierten actualmente a la atmósfera más de 17 mil millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ , alrededor del 35% de las emisiones globales por año, también son notables también los casos de Indonesia y Brasil que, sólo por deforestación, emiten anualmente casi 5 mil millones de toneladas, alrededor del 10% del total global; sólo por deforestación, Indonesia cuadruplica y Brasil duplica las emisiones totales de México de un año.

El cambio climático presenta un desafío único para la economía: es el mayor ejemplo de falla nunca antes vista. El análisis económico debe ser global, tiene que ver con tiempos de mediano y largo plazo, contiene centralmente la economía del riesgo y de la incertidumbre, además examina la posibilidad de un cambio mayor, no marginal. El calentamiento del sistema climático es inequívoco, ahora es evidente a partir de observaciones de los incrementos de las temperaturas promedio globales del aire y de los océanos, del extenso fundido de nieves y hielos, y del ascenso del nivel promedio del mar; Las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$ , metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) se han incrementado marcadamente como resultado de las actividades humanas desde 1750 y actualmente exceden con mucho los valores pre-industriales, determinados a partir de núcleos de hielo de muchos miles de años [al menos 650 mil años] (IPCC AR4 SPM) <sup>42</sup>

**El cambio climático antropogénico es pues consecuencia de la mayor falla histórica de mercado**, pues los precios de los combustibles fósiles nunca han incorporado los costos de las externalidades negativas que generan: problemas de salud pública por contaminación del aire y todos los impactos adversos del calentamiento global. En la medida que los costos son inevitables, hoy las mejores estrategias de desarrollo deben integrar la mitigación del cambio climático.

## 2.15 SALUD

Los síntomas a causa de la exposición a la contaminación del aire se manifiestan en dolor pulmonar, tos, dolores de cabeza, malestares en la garganta, irritación y lagrimeo de los ojos, por mencionar algunos. La exposición a la contaminación del aire está relacionada con serios trastornos a la salud entre los que destacan:



- a) El incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas.
- b) Aumento en la frecuencia de muertes asociadas a la contaminación atmosférica.
- c) Disminución de la capacidad respiratoria.
- d) Aumento de ataques de asma.
- e) Incremento de casos de enfermedades cardíacas.
- f) Aumento en la frecuencia de cánceres pulmonares.

En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años y las personas de la tercera edad (mayores de 65 años), las personas con enfermedades cardíacas, respiratorias y los asmáticos principalmente.

### **EFFECTOS A LA SALUD ORIGINADOS POR LOS CONTAMINANTES:**

Estos compuestos contaminantes son parte de los componentes de los combustibles o son compuestos resultados de la combustión que se lleva a cabo en el motor de los vehículos. Los Departamentos o Secretarías de salud de los principales países del mundo en cuanto se refiere a calidad de vida y cuidados a la población para su bienestar y desarrollo en general, ponen un particular interés en estos contaminantes, dado que los resultados de diferentes pruebas se ha comprobado que tienen efectos a la salud de la población en general, y principalmente afectan tanto a los niños (0-6 años), como a las personas de edad avanzada (60 años en adelante).

A continuación se hace una descripción detallada de las consecuencias a la exposición de los contaminantes.

#### **Aromáticos**

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que algunos HAPs son carcinogénicos, Ciertas personas que han respirado o tocado mezclas de HAPs y otros compuestos químicos por largo tiempo han contraído cáncer. Ciertos HAPs han producido cáncer en animales de laboratorio que respiraron aire con HAPs (cáncer al pulmón), comieron alimentos con HAPs (cáncer al estómago), o se les aplicó HAPs en la piel (cáncer a la piel).

El organismo, los HAPs son transformados en compuestos químicos que pueden unirse a sustancias dentro del organismo. Hay exámenes especiales que pueden detectar HAPs unidos a estas sustancias en tejidos corporales o en la sangre. Sin embargo, estos exámenes no pueden indicar si sufrirá efectos nocivos o a cuanto se expuso o la fuente de la exposición. Estos exámenes generalmente no están disponibles en el consultorio de su doctor ya que requieren equipo especial para llevarse a cabo.

#### **Olefinas**

Las olefinas debido a su doble enlace son sustancias más inestables, mas reactivas y por lo tanto más toxicas. Farmacológicamente se utilizaron como anestésico general pero se dejaron de utilizar por los riesgos que representaban para los pacientes.



Cuando la intoxicación se lleva a cabo tienes dos formas de presentar los síntomas, en forma aguda y crónica siendo de forma Aguda; Producen narcosis similar a la del cloroformo con depresión del sistema nervioso central, edema, atrofia del nervio óptico, depresión cardíaca y acción sobre el miocardio, irritación de mucosas cefaleas, vomito y cianosis.

Crónica: La exposición crónica puede ocasionar dermatitis, confusión mental, cefaleas, vértigos, aparición de trastornos del campo visual, daño hepático y renal con degeneración grasa lo cual ocurre a dosis bajas, con altas dosis produce necrosis centrolobulillar y necrosis de los túbulos renales. Debe tenerse en cuenta que el alcohol potencia sus efectos Tóxicos.

### **Benceno**

El tener una exposición de larga duración, aspirar o ingerir niveles de benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles bajos pueden causar somnolencia, mareo, alucinaciones, aceleración del latido del corazón o taquicardia, dolores de cabeza, migrañas, temblores, tiritar, confusión y pérdida del conocimiento.

La exposición se manifiesta en la sangre. El benceno produce efectos nocivos en la médula de los huesos y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que conduce a padecer anemia. También puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario, aumentando así las posibilidades de contraer infecciones por inmunodepresión.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que el benceno es un reconocido carcinógeno en seres humanos y otros mamíferos lactantes. La exposición de larga duración a altos niveles de benceno en el aire puede producir leucemia, un cáncer a los tejidos que fabrican las células de la sangre como también un cáncer de colon.

### **Ozono**<sup>19</sup>

El ozono es un gas altamente reactivo, su impacto en la salud se debe a su capacidad de oxidación, por ello daña a las células en las vías respiratorias causando inflamación, reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir las infecciones y remover las partículas externas. Afecta los mecanismos de defensa, por lo que puede provocar un aumento de las infecciones respiratorias.

El ozono es un riesgo para la salud de los niños, las personas de la tercera edad y para quienes padecen problemas cardiovasculares y respiratorios, como el asma, el enfisema y la bronquitis crónica.

Los efectos generalmente asociados con aumentos del ozono son: infecciones respiratorias agudas, tos, flemas, atrofia de mucosa nasal, irritación de ojos, incremento en los ataques de asma, molestias en el pecho, dolores de cabeza, enfermedades respiratorias. Muchos científicos creen que la exposición crónica a niveles altos de ozono urbano conduce a envejecimiento prematuro de los tejidos pulmonares.



## Óxidos de Nitrógeno

Entre sus efectos se encuentran irritación en los ojos, nariz y garganta, ataque al sistema cardiovascular. La exposición prolongada produce lesiones pulmonares, constituye un riesgo para las vías respiratorias, ya que se ha comprobado que puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica.<sup>19</sup>

## Hidrocarburos

Los efectos de exposiciones elevadas a emisiones de Hidrocarburos pueden incluir efectos en el desarrollo neurológico y reproductivo, impactos respiratorios y cáncer.<sup>19</sup>

## SO<sub>2</sub>

Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso. Cuando alcanza las 20 ppm produce una fuerte irritación en ojos, nariz, garganta, asfixiante, incrementa la crisis asmática, y que produce estornudos.<sup>6</sup> Si la concentración y el tiempo de exposición aumentan, se producen afecciones respiratorias severas. Una exposición de 400 a 500 ppm, aunque sea corta, puede resultar fatal para el organismo al producir y agravar ciertos padecimientos cardiovasculares.

## Monóxido de Carbono (CO)

Entre los efectos que provoca el CO se encuentra la disminución de la capacidad de concentración y del rendimiento intelectual, como producto del decremento del transporte de O<sub>2</sub> en la corriente sanguínea.<sup>21</sup> El grado de toxicidad del CO depende de la concentración y del tiempo de exposición del individuo, y los daños pueden ser desde ligeros malestares hasta la muerte.

En la siguiente Tabla se presentan los efectos fisiológicos que se producen de acuerdo a la exposición de la concentración de Monóxido de Carbono en los seres humanos:

Nivel (ppm)	Efecto Fisiológico
200 por 3 horas ó 600 por 1 hora	Dolor de cabeza
500 por 1 hora ó 1000 por 30 minutos	Mareos, zumbido de oídos, náuseas, palpitaciones, embotamiento
1500 por una hora	Sumamente peligroso para la vida
4000	Colapso, inconsciencia, muerte

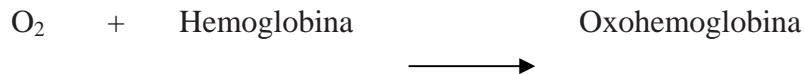
Tabla 2.15 Efectos fisiológicos de acuerdo a concentraciones de Monóxido de Carbono

El CO es rápidamente absorbido por los pulmones y llevado a la sangre donde se liga con la hemoglobina para la formación de carboxihemoglobina, la cual reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.<sup>36</sup>

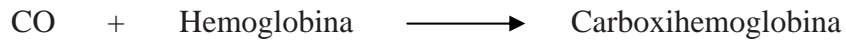




La hemoglobina de la sangre toma el oxígeno del aire:



Pero si existe CO, este puede tomar el lugar del oxígeno:



Las moléculas de hemoglobina que se combinan con CO quedan inútiles para el transporte de oxígeno, pues ese monóxido de carbono bloquea la entrada de O<sub>2</sub>. Conforme las moléculas de hemoglobina son inhabilitadas por el CO, no les es posible transportar O<sub>2</sub> a las células y sobreviene la muerte por asfixia.

### Partículas menores a (PM<sub>10</sub>) y (PM<sub>2.5</sub>) micrómetros.

Los efectos nocivos de las partículas suspendidas no se limitan al aparato respiratorio, sino que pueden dañar otros sistemas como el sistema cardiovascular. Los efectos pueden ser inmediatos o presentarse después de varios días de exposición a estos contaminantes.

El aumento en las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> generalmente se han relacionado al aumento de sintomatología respiratoria, hospitalización por incremento de los padecimientos respiratorios, bronquitis aguda en niños, bronquitis crónica en adultos y muerte prematura, principalmente en menores de edad y personas de la tercera edad.<sup>19</sup>

#### 2.15.1 Morbilidad

Se entiende por morbilidad a la “Proporción de personas que enferman en un lugar “durante un periodo de tiempo determinado en relación con la población total de ese lugar: Morbilidad se describe como “el número total de enfermedades/problemas de salud o condición incapacitante que acontece durante un período de tiempo a una población o lugar determinado.” Pueden ser remediadas, curadas o controladas. Algunas de ellas pueden ser prevenidas.

**Tasa de morbilidad:** La frecuencia de la enfermedad en proporción a una población. El cómputo de la tasa de morbilidad requiere que se especifique: 1) el período de tiempo, y 2) el lugar.

Las tasas de morbilidad más frecuentemente usadas son las siguientes:

**Prevalencia:** Es la frecuencia de todos los casos (antiguos y nuevos) de una enfermedad patológica en un momento dado del tiempo (prevalencia de punto) o durante un período definido de tiempo (prevalencia de período).

**Incidencia:** Es la rapidez con la que ocurre una enfermedad. También, la frecuencia con que se agregan (desarrollan o descubren) nuevos casos de una enfermedad/afección durante un período específico de tiempo y en un área determinada.



Las repercusiones del cambio climático sobre la salud pueden darse de manera directa mediante ondas de calor, inundaciones, tormentas y otros eventos extremos del clima, y de forma indirecta en la disponibilidad de agua, producción agrícola y brotes o resurgimiento de algunas enfermedades infecciosas. Estos no son temas de poca importancia.

Las enfermedades relacionadas con el clima incluyen algunas de las de mayor impacto como la malaria, y la diarrea y comprenden condiciones de riesgo para otras enfermedades como la malnutrición, siendo esta la mayor contribuyente individual de la carga global de enfermedad, además la carencia de agua potable y alimentos seguros dan lugar a enfermedades en niños, cuando se trata de cambio climático aquellos cuya salud está expuesta a mayor riesgo son los que menos han contribuido al problema.

Las personas más humildes o con menos recursos económicos, ya sea del área rural o urbana siempre han sufrido las consecuencias de un ambiente deteriorado. El cambio climático amenaza ahora con perpetuar estos problemas.

Se han realizado estudios para comprender los impactos en la salud del cambio climático. La primera evaluación de la OMS (Organización Mundial de salud) se realizó en 1990. En su informe, los contaminantes ambientales que causan problemas a la salud, como el Ozono, fueron reconocidos entre los gases que ameritan especial atención, hoy se identifica como el mayor responsable del cambio climático como contaminante ambiental sin límite ha causado ya un gran daño a la Salud Pública.

En los últimos meses los ministros de salud del mundo entero han priorizado en sus reuniones el tema de cambio climático. Han solicitado apoyo de OMS y OPS (Organización Panamericana de salud) con un enfoque más coordinado y estratégico para definir pautas de protección a la salud por el cambio climático.

En Barbados en 2002 se realizó la Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y sus Impactos en la Salud de la población del Caribe. Esta conferencia se celebró con participación de otras agencias nacionales y de Naciones Unidas. En 2007 se llevó a cabo en

Costa Rica, la Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y sus Efectos en la Salud en Centroamérica.

El Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático ha hecho un llamado a la "mitigación", esto es la acción que los países deben desarrollar para reducir la descarga de gases de efecto invernadero. Pero dado que algunos aspectos del cambio climático son irreversibles, también hace un llamado a la "adaptación" por diferentes sectores. Para el sector salud es claro que la adaptación al cambio climático y la protección en salud pública tienen de hecho una misma agenda.<sup>44</sup>



### 2.15.2 Mortalidad

La palabra mortalidad se refiere a la "tasa de defunciones o el número de defunciones en un grupo determinado de personas en un período determinado". Se puede notificar la mortalidad de las personas que padecen de cierta enfermedad, viven en una región del país o son de determinado sexo, edad o grupo étnico.

La tasa de mortalidad comúnmente tomada por los estudios estadísticos es la que establece el número de muertes por cada mil habitantes dentro de una población determinada. Usualmente, este porcentaje es el resultado de los estudios realizados u observados a lo largo de un año, se considera una tasa de mortalidad alta a aquella que es superior al 30% de esa población, mientras que mortalidad mediana será la que se ubique entre el 15 y el 30% del número total de la población. Finalmente, una tasa de mortalidad baja es inferior al 15%.<sup>44</sup>

Aunque el cambio climático es un fenómeno mundial, sus consecuencias no se distribuirán de forma uniforme. Los científicos coinciden en que los países en desarrollo y los pequeños Estados insulares serán las zonas que primero y más gravemente se verán afectadas. La OMS distingue fundamentalmente cinco grandes efectos sanitarios del cambio climático.

En primer lugar, el sector agrícola es muy sensible a la variabilidad del clima. Las temperaturas en aumento y la mayor frecuencia de sequías e inundaciones pueden comprometer la seguridad alimentaria. Se prevé que el incremento de los casos de malnutrición será especialmente grave en los países donde hay grandes poblaciones que dependen de una agricultura de subsistencia de secano. La malnutrición, causada en gran parte por sequías periódicas.<sup>44</sup>

Segundo, la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos conlleva un mayor riesgo de mortalidad y de traumatismos por tormentas e inundaciones. Además, tras las inundaciones se declaran a menudo brotes de enfermedades, como el cólera, sobre todo cuando los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento se han visto dañados o destruidos.<sup>44</sup>

Tercero, tanto las situaciones de escasez de agua, que es esencial para la higiene, como el exceso de agua por precipitaciones más frecuentes y torrenciales aumentará la carga de enfermedades diarreicas, que se propagan a través de alimentos y agua contaminados.<sup>44</sup>

Cuarto, las olas de calor, especialmente en las "islas de calor" urbanas, pueden aumentar directamente la morbilidad y la mortalidad, principalmente entre las personas de edad avanzada con enfermedades cardiovasculares o respiratorias. Aparte de las olas de calor, las temperaturas altas pueden aumentar el ozono al nivel del suelo y acelerar el inicio de la estación del polen, favoreciendo así los ataques de asma.<sup>44</sup>



---

---

## CAPITULO III PROBLEMÁTICA MUNDIAL Y NACIONAL

---

---

### 3.0 MEDIO AMBIENTE

Existen muchos problemas ambientales como los que están afectando al planeta, estos a su vez guardan estrecha relación con otros problemas económicos y sociales. Como es fundamental que los conozcamos, y saber porque están sucediéndose estos cambios tan drásticos, y lo más importante de todo, que podemos hacer para ayudar a proteger a nuestro ambiente en el que nos desarrollamos cotidianamente.

**Los Problemas ambientales en áreas urbanas** y en sus alrededores de éstas, son fenómenos que derivan del aumento del crecimiento urbano y que se traducen en el deterioro de las condiciones ambientales. El cambio del uso del suelo, y el excesivo uso de recursos naturales (sobre explotación), son las causas fundamentales de los problemas ambientales.

Las ciudades como lugar de crecimiento demográfico, actividad comercial e industrial, concentran el uso de energía y recursos dando origen a la generación de desperdicios al punto en que los sistemas tanto artificiales como naturales se sobrecargan y las capacidades para manejarlos se vuelven complejas. Estas situaciones se verán afectadas por el rápido crecimiento demográfico de las urbes. Los daños o costos ambientales resultantes ponen en peligro la futura productividad de las ciudades, de salud y la calidad de vida de sus ciudadanos.

Las ciudades se han vuelto las principales “**zonas rojas ambientales**” que requieren urgentemente de un cambio de estructura de evaluaciones ambientales regionales y de proyecto, y en la planificación y administración ambiental a escala regional metropolitana. Los sistemas y servicios urbanos (agua potable, saneamiento, transporte público y caminos) se congestionan cada vez más debido al crecimiento demográfico, comercial e industrial, junto con una mala administración urbana. Los recursos naturales (agua, aire, bosques, minerales, tierra), vitales para el desarrollo económico de las ciudades, se pierden o malgastan mediante políticas urbanas inapropiadas sin una característica adecuada de sustentabilidad.

El aumento constante del radio de impacto de las ciudades sobre los recursos que se hallan alejados de sus fronteras, las áreas urbanas se encuentran inundadas por sus propios desechos y asfixiadas por sus propias emisiones como resultado de políticas y prácticas inadecuadas de control de la contaminación y manejo de los desechos. Al mismo tiempo, existe una creciente preocupación en torno a los riesgos que para la salud representa la modernización debido a los desechos y emisiones tóxicos.

La escala espacial de estos impactos va desde el hogar hasta la comunidad entera, el área urbana y en algunos casos, las regiones más alejadas. Los impactos de mayor preocupación aun se encuentran a menudo a escala doméstica y comunitaria, y se relacionan con las deficiencias de infraestructura y servicios urbanos. Los habitantes de las urbes, particularmente la población de pocos recursos, soportan la mayoría de las condiciones del ambiente deteriorado mediante la baja ó deterioro de salud y productividad y la disminución de la calidad de vida.



Los elevados costos de los recursos (nuevas fuentes de agua potable y combustibles entre otros) son resultado de la sobre explotación, a medida que se acaban los recursos económicamente asequibles y de alta calidad.

### 3.1. Ecosistema

Es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico en donde se relacionan. Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema. El concepto, toma en cuenta las complejas interacciones entre los organismos ( plantas, animales, bacterias, protistas y hongos) que forman la comunidad (biocenosis) y los flujos de energía y materiales que la atraviesan.

Los impactos ambientales en un ecosistema pueden ser clasificados por su efecto en el tiempo, en 4 grupos principales:

- Irreversible: Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original. Ejemplo: Minerales a tajo abierto.
- Temporal: Es aquel impacto cuya magnitud no genera mayores consecuencias y permite al medio recuperarse en el corto plazo hacia su línea de base original.
- Reversible: El medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restaurándose a la línea de base original.
- Persistente: Las acciones o sucesos practicados al medio ambiente son de influencia a largo plazo, y extensibles a través del tiempo. Ejemplo: Derrame o emanaciones de ciertos químicos peligrosos sobre algún biotipo.

La mayor parte de la energía utilizada en los diferentes países proviene del petróleo y del gas natural. La contaminación de los mares con petróleo es un problema que preocupa desde hace muchos años a los países marítimos, sean o no productores de petróleo, así como a las empresas industriales vinculadas a la explotación y comercio de este producto.

Los derrames de petróleo en los mares, ríos y lagos producen un deterioro enorme al ecosistema, así causa daños a la fauna marina y aves, vegetación y aguas. Además, perjudican la pesca y las actividades recreativas de las playas.

Se sabe que pese a la volatilidad de los hidrocarburos, sus características de persistencia y toxicidad tienen efectos fatales. Pero, no solo derrames por accidentes en los tanqueros o barcos que transportan el petróleo, en alta mar o cercanía de las costas, son los únicos causantes de la contaminación oceánica con hidrocarburos.

La mayor proporción de la contaminación proviene del petróleo, el aceite industrial y motriz quemado que llega hasta los océanos a través de los ríos tanto subterráneos como superficiales.



---

Se estima que en escala mundial unos 5,000 millones de litros de petróleo crudo o de sus derivados son derramados al mar abierto.

Otras de las fuentes alternativas de energía desarrollada es la radioactiva que genera muchos desechos o contaminantes radioactivos, provenientes de las reacciones nucleares, o de yacimientos de minerales radioactivos, de las plantas donde se refinan o transforman estos minerales, y de las generadoras de electricidad que funcionan con materia radiactiva. Todavía no se conoce un método para eliminar estos desechos sin riesgo para el hombre y los ecosistemas.

Otro de los impactos que genera la explotación de los recursos energéticos es la contaminación acústica, pues el ruido producido por la industria, disminuye la capacidad auditiva y puede afectar el sistema circulatorio. La minería y los diferentes procesos de extracción de minerales a menudo producen impactos ambientales negativos sobre el aire, suelos, aguas, cultivos, flora y fauna, y salud humana. Además impacta, tanto positiva como negativamente, en varios aspectos de la economía local, tales como el turismo, la radicación de nuevas poblaciones. En el pasado, las empresas no siempre fueron obligadas a remediar los impactos de estos recursos.

Esto da como resultado que los costos de limpieza deben ser subsidiados por los contribuyentes y los ciudadanos a través de los impuestos recaudados por el gobierno local. Este papel presenta los costos de numerosas actividades de remediación. Con frecuencia el costo más significativo a largo plazo es el tratamiento del agua. El uso de garantías financieras ó seguros ambientales puede asegurar que el que contamine, pague por la mayoría de los costos. Otra cuestión a tener en cuenta con respecto al impacto medioambiental de la obtención y consumo energéticos es la emisión de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub>, que están provocando el Cambio en ecosistemas. No sólo de las emisiones producidas por la combustión durante el consumo, sino también de la obtención de energía en centrales térmicas -en las que se genera electricidad por la combustión fundamentalmente de carbón.

Lo que resulta alarmante es que ni los gobiernos ni las fuerzas armadas han dimensionado los impactos humanitarios, ambientales y económicos que están generando las guerras en forma inmediata y a largo plazo. Las guerras no sólo han generado mayor cantidad de víctimas civiles, sino además, crecientes e irreversibles impactos ambientales. Cada bomba que explota, genera temperaturas sobre 1.000°C, que junto a la fuerza explosiva no sólo aniquila infraestructura, flora, fauna y personas, sino que también destruye la estructura y composición de los suelos, los que demoran miles de años en regenerarse.

Los impactos sobre ecosistemas y la salud de la población son dañinos a niveles letales de dióxido de carbono, azufre e hidrocarburos orgánicos volátiles, por sólo nombrar algunos. Los incendios en 500 pozos de petróleo durante la guerra del Golfo pérsico lanzaron a la atmósfera 3 millones de toneladas de humo contaminante. La nube cubrió millones de kilómetros cuadrados, afectando el territorio de 4 países, lo cual provocó enfermedades respiratorias a millones de personas. Los derrames mataron a más de 30.000 aves marinas, contaminaron 20% de los manglares y la actividad pesquera se arruinó.



Según “el *World Resources Institute*”, los residuos tóxicos de la guerra del Golfo Pérsico afectarán a la industria pesquera local "por más de 100 años" a lo que debemos sumar los impactos a los ecosistemas agrícolas y las cuencas de los ríos Tigris y Eúfrates entre otros, de los que dependen casi todas las actividades económicas del país.

La degradación del medio ambiente incide en la competitividad del sector productivo a través de varias vertientes, entre otras: (I) falta de calidad intrínseca a lo largo de la cadena de producción; (II) mayores costos derivados de la necesidad de incurrir en acciones de remediación de ambientes contaminados; y (III) efectos sobre la productividad laboral derivados de la calidad del medioambiente. También afectan estabilidad del marco regulatorio en materia ambiental y la poca fiscalización por parte de las autoridades, lo cual conduce a incertidumbre jurídica y técnica. Esto puede influir en costos adicionales que deben incurrir las empresas para demostrar que los productos o servicios son limpios o generados amigablemente con el medio ambiente.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es el proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa, la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

La (EIA) se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 1969 como requisito de la *National Environmental Policy Act* (ley nacional de políticas sobre el medio ambiente, comúnmente conocida como NEPA). Desde entonces, un creciente número de países (incluida la Unión Europea) han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implantación.

Una Evaluación de Impacto Ambiental suele comprender una serie de pasos:

- 1) Un examen previo, para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto y hasta qué nivel de detalle.
- 2) Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave y su magnitud, significado e importancia.
- 3) Una determinación de su alcance, para garantizar que la EIA se centre en cuestiones clave y determinar dónde es necesaria una información más detallada.
- 4) El estudio en sí, consistente en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto, y la propuesta de medidas preventivas, protectoras y correctoras necesarias para eliminar o disminuir los efectos de la actividad en cuestión. Para ello muchos laboratorios están en estos momentos buscando soluciones a todos los problemas.

### **3.1.1 Cambio climático**

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido indirectamente (naturales, Crowley y North 1988) ó directa a la actividad humana (antropogénicas, Oreskes 2004).que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional.



Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. Como consecuencia de este cambio tenemos:

- Los sistemas anticiclónicos que se registran frecuentemente en la región centro del país y lugares con similitud de zona geográfica a nivel mundial, tienen la capacidad de generar cápsulas de aire inmóvil en áreas que pueden abarcar regiones mucho mayores que el Valle de México.

- La intensa y constante radiación solar que se registra en lugares parecidos al Valle de México a lo largo de todo el año, favorece la formación del ozono.
- Uno de los impactos que el uso de combustibles automotores ha producido sobre el medio ambiente ha sido el aumento de la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera, provocando un aumento en la temperatura de la tierra.

El calentamiento global significativo de la atmósfera tendría graves efectos sobre el medio ambiente:

- Los hielos polares comenzarían a derretirse, Alteraría la vegetación natural y afectaría a las cosechas.
- Aumento constante de la temperatura de la Tierra.
- Cambios en el sistema de lluvias.
- Elevación del nivel del mar (inundaciones).

### 3.1.2 Inversión térmica

Es una derivación del cambio normal de las propiedades de la atmósfera con el aumento de la altitud. Normalmente corresponde a un incremento de la temperatura con la altura, o bien a una capa (**Capa de inversión**) donde ocurre el incremento. En efecto, el aire no puede elevarse en una zona de inversión, puesto que es más frío y, por tanto, más denso en la zona inferior. Una inversión térmica puede llevar a que la contaminación aérea, como el smog, sea atrapada cerca del suelo, con efectos nocivos para la salud. También puede detener el fenómeno de convección, actuando como una capa aislante. Si por algún motivo esta capa es rota, la convección de cualquier humedad presente puede ocasionar violentos Temporales.

Varios de los principales factores climáticos que afecta la calidad del aire en el Valle de México destacan lo siguiente:

- En la ciudad de la ZMVM se presenta con frecuencia inversiones térmicas que provocan el estancamiento de los contaminantes.

Por las mañanas la capa de aire que se encuentra en contacto con la superficie de los suelos adquiere una temperatura menor que las capas superiores, por lo que se vuelve más densa y pesada.



- Las capas de aire que se encuentran a mayor altura y que están relativamente más calientes actúan entonces como una cubierta que impide el movimiento ascendente del aire contaminado. El estancamiento perdura hasta que, al transcurrir el día y de manera gradual, la inversión térmica se rompe debido al calentamiento de la atmósfera, entonces los contaminantes se dispersan.

Entre los principales factores fisiográficos que afectan la calidad del aire destacan los siguientes:

- El entorno montañoso que rodea la cuenca constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes. Por ello, es un medio propicio para la acumulación de los contaminantes atmosféricos. Las montañas que delimitan la cuenca alcanzan una altitud promedio de 3,200 metros, con elevaciones que superan los 5,400 metros.

- La altitud a la que se ubica el Valle de México (2,240 metros sobre el nivel del mar), determina que el contenido de oxígeno sea 23% menor que a nivel del mar, lo cual tiende a hacer más contaminantes los procesos de combustión.

De acuerdo con las estadísticas del INEGI, la ZMVM es el hogar de alrededor de 18.1 millones de personas, siendo la segunda ciudad más poblada del mundo. De esta manera, la ZMVM constituye uno de los centros urbanos de mayor dimensión y ritmo de crecimiento en el mundo. En los últimos veinte años, el ritmo de crecimiento de la población ha disminuido significativamente en la Zona Metropolitana; sin embargo, de continuar las tendencias actuales, la población de la ZMVM paso de 18.1 millones de habitantes a aproximadamente 20.5 millones en el año 2010 y pasara a unos 22.5 millones en el año 2020.<sup>19</sup> con lo cual al tener este tipo de contingencias ambientales se vería afectado su desarrollo tanto físico como emocional.

En el siguiente grafico se hace una descripción generalizada del fenómeno de inversión térmica y la repercusión de efectos por arrojo a la atmosfera de gases de efecto invernadero.



Grafico 3.1.2 Atmósfera terrestre; Google/imágenes/atmósfera/gasesefectoinvernadero.com



## 3.2 ESTRATEGIAS DE SOLUCION

Es evidente que el actual modelo de desarrollo económico es inviable e incompatible con la sustentabilidad del planeta, por lo que es obligación de la sociedad en general y sus gobiernos, definir un nuevo modelo de desarrollo donde se garanticen el desarrollo integral del ser humano y su relación armónica con la naturaleza.

La emergencia climática por la que atraviesa el planeta demanda la inmediata acción de los gobiernos y la sociedad civil a fin de elaborar políticas y estrategias de cambio climático con prioridad en la adaptación que consideren las características propias y particulares de distintas ciudades, regiones y territorios.

El número de medidas de control, para mejorar la disminución de emisiones y de costos que se tienen en estudios previos, la aplicación de modelos de calidad del aire para evaluar el impacto de las concentraciones ambientales, las medidas de control que se estiman para los impactos en la salud pública y los beneficios económicos. Son solo algunas estrategias que se han implementaron y desarrollado con la finalidad de disminuir las grandes problemáticas que enfrenta la población mundial con el denominado cambio climático.

A continuación se da una descripción generalizada de algunas acciones tomadas tanto por los gobiernos locales como de las empresas basadas en la investigación científica determinada para cada área, tratando de contribuir para disminuir la intensidad del cambio climático.

- Las primeras regulaciones sobre especificaciones de los combustibles fueron introducidas en los Estados Unidos y Japón en la década de 1970. Estas regulaciones restringían el uso del plomo en ciertos combustibles. El plomo envenenaba las nuevas tecnologías catalíticas para el control del monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NOx). La gasolina sin plomo fue necesaria para los convertidores catalíticos, instalados por primera vez en modelos del año 1975.

- Los niveles de azufre en los combustibles han empezado a reducirse y regularse en muchas partes del mundo. Algunas veces, las normas de azufre en los combustibles están emparejadas con normas más estrictas de emisiones para vehículos nuevos o programas de retro-adaptación (retrofit) para reducir las emisiones de los vehículos existentes. Los beneficios presentes y futuros de los combustibles de bajo azufre son substanciales y cada vez más necesarios en un mundo con un número creciente de vehículos y mayores promedios de distancia por viaje.

- **Impacto del azufre sobre las Emisiones Vehiculares**

La tecnología necesaria para reducir el azufre a niveles ultra bajos se utiliza actualmente en muchos lugares en todo el mundo. Los costos actuales son razonables y la industria de refinación continúa desarrollando catalizadores más activos y nuevos procesos para la remoción del azufre y reducir aún más los costos.



- **Catalizadores de Tres Vías**

En el mundo, 85% de los nuevos vehículos a gasolina están equipados con catalizadores de tres vías (three-way catalyst TWC), equipo que controla simultáneamente las emisiones de CO, HC, y NO<sub>x</sub> (MECA n.d.). Los vehículos con TWC deben operar con una relación aire combustible muy exacta, permitiendo sólo el oxígeno suficiente para oxidar completamente el carbono y el hidrógeno en el combustible. Los TWC utilizan luego el NO<sub>x</sub> en el escape para oxidar el CO y los HC a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O en tanto que el NO<sub>x</sub> se reduce a N<sub>2</sub>.

- **Trampas de Captura de NO<sub>x</sub>**

Los vehículos a gasolina están bajo una presión creciente para aumentar su rendimiento energético, y por tanto reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los diseños de mezcla pobre de gasolina reducen el consumo de combustible en un 15–20% (König et al 2001). Para evitar que la mayor eficiencia energética se contraponga con una mayor emisión de contaminantes, estos motores de mezcla pobre requerirán nuevas tecnologías de pos-tratamiento para el control de emisiones de NO<sub>x</sub>. Las trampas de NO<sub>x</sub> que son la tecnología más eficiente, para el control de NO<sub>x</sub> en motores de mezcla pobre son impactadas mucho más severamente que los TWC por el azufre del combustible.

Dado que los niveles elevados de azufre reducen la efectividad de las trampas y provocan incrementos en el consumo del combustible, la gasolina de ultra bajo azufre es el factor clave para incrementar la eficiencia de los vehículos a gasolina. En los vehículos a diesel la reducción del azufre no solamente reduce las emisiones de SO<sub>2</sub>, también reduce significativamente las emisiones de partículas. En una corriente de escape rico en oxígeno como la de los vehículos a diesel un porcentaje variable del SO<sub>2</sub> formado durante la combustión es oxidado hasta SO<sub>3</sub>, el cual se disuelve en el vapor de agua presente hasta formar vapor de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es una de las pocas sustancias que es capaz de nucleación homogénea, lo cual parece ser el mecanismo más importante para iniciar la formación de partículas ultrafinas en las corrientes de escape del diesel, produciendo partículas de nueva formación de aproximadamente 1 nm (Shi and Harrison 1999).

- **Catalizadores de Oxidación para Vehículos a Diesel**

Los Catalizadores de Oxidación para Vehículos a Diesel (*Diesel oxidation catalysts, DOC*) son la tecnología de pos-tratamiento de control de emisiones más común en los vehículos diesel actuales. A pesar de no estar tan ampliamente extendida como los TWC en vehículos a gasolina, los DOC son muy similares a los primeros catalizadores usados para motores de gasolina. Los catalizadores de oxidación trabajan oxidando el CO, los HC y la fracción orgánica soluble de las PM a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, en la corriente de escape rica en oxígeno de los motores diesel.

- **DESARROLLO DE MODELOS**

De predicción de la calidad del aire para prever contingencias atmosféricas y evaluar efecto de medidas de control de la contaminación propuestas.



### 3.3 COMBUSTIBLES

Se entiende por Combustible cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y después cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química). En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse, pero hay excepciones.

Hay varios tipos de combustibles. Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción).

La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial, aunque la turba se ha utilizado para la generación de energía y las locomotoras que utilizaban madera como combustible eran comunes en el pasado.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna.

Se llaman también **combustibles** a las sustancias empleadas para producir la reacción nuclear en el proceso de fisión, cuando este proceso no es propiamente una combustión.

La principal característica de un combustible es su poder calorífico, que es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) de combustible. Este calor o poder calorífico, también llamado capacidad calorífica, se mide en julio (joule en inglés), caloría o BTU, dependiendo del sistema de unidades.

COMBUSTIBLE											
Poder Calorífico	Gas natural	Acetileno	Propano Gasolina Butano	Gasoil	Fueloil	Antracita	Coque	Alcohol de 95°	Lignito	Turba	Hulla
MJ/kg	53,6	48,55	46,0	42,7	40,2	34,7	32,6	28,2	20,0	19,7	16,7
kcal/kg	12 800	11 600	11 000	10,200	9,600	8,300	7,800	6,740	4,800	4,700	4000

Tabla 3.3.1 Descripción de poderes caloríficos de sustancias utilizadas como combustible

### 3.4 Parque vehicular Mundial

El Fondo Monetario Internacional (FMI) proyecta un negro panorama para el medio ambiente mundial a raíz del aumento del parque automotor mundial.

Los economistas del FMI calculan que la cantidad de vehículos de carretera, camiones y autobuses se multiplicara en un 100 % los próximos 25 años en todo el orbe. Eso significa que de los 750 millones contabilizados al 2002 se llegará a 1,660 millones en el año 2030.



En los países desarrollados, esta tendencia subirá de 630 a 920 millones, impactando negativamente en el calentamiento global, pero lo más grave es la demanda explosiva de automóviles en los países considerados hasta ahora pobres. En China, se prevé que un incremento tal que dispondrá del 23% del total mundial, frente al 5% actual. Así las cosas el parque automotor se disparará a 740 millones en todos los países en vías de desarrollo. Lo anterior generará problemas a la evolución del efecto invernadero.

### 3.4.1 Parque vehicular en México (Actual) y problemática estadística

El parque vehicular en México asciende aproximadamente a 26 millones unidades, con un promedio de antigüedad de 18.5 años.

Lo anterior fue dado a conocer por un estudio presentado por la Asociación Mexicana de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA, 2008) representa un envejecimiento serio del parque nacional, considerando que el año pasado se calculaba la edad promedio en 17.24 años, y apenas hace dos años el cálculo situaba la antigüedad del parque vehicular en 16 años; con todos los efectos negativos que esto implica.

El estudio clasifica las unidades circulantes en el territorio nacional en tres categorías: legales 51 por ciento, regularizados 24 por ciento e ilegales, siendo éstas dos últimas el 49 por ciento del total del parque. En otras palabras, una cuarta parte del parque vehicular entró al país de manera ilegal, y casi en su totalidad son unidades viejas, contaminantes e inseguras; de esta manera, todos estamos expuestos a vernos involucrados en un incidente con un auto de estas características.

“A pesar de que, en cuanto a automotores legales el parque ha ido decreciendo su edad promedio en los últimos años, las regularizaciones de unidades provenientes de las fronteras ha provocado una ola interminable de vehículos viejos que ha provocado un fuerte envejecimiento del parque vehicular”. Además que la apertura del mercado automotriz en el TLCAN el próximo año, provocará un fuerte impacto en las ventas de automotores legales, lo que puede dañar seriamente a la industria automotriz en general (armadoras, concesionados, etc.) y con ello la economía nacional”.

También se comentó que el promedio de edad de las aproximadamente 5000 unidades que se han chatarrizado es de 23 años.

La AMDA (Asociación Mexicana de Armadoras) propuso transformar el Registro Público Vehicular (Repuve) y convertirlo en el eje del pago de impuestos como la propia tenencia, el emplacamiento y hasta la verificación ambiental. En virtud de que el Repuve es el único recurso que tiene el Gobierno Federal para controlar los 23 millones de unidades que integran el parque vehicular, éste debe ser el instrumento de planeación y evaluación de las políticas públicas de infraestructura, tránsito, vialidad y seguridad. Por ello, propuso el presidente de la AMDA, este registro federal debería convertirse en el Instituto de la Propiedad Vehicular.



La propuesta de AMDA incluye la regulación no arancelaria para evitar que se ingrese chatarra y vehículos considerados en el extranjero como salvaje (dañados, accidentados por colisión, incendio, recuperación de robos), además de un seguro obligatorio contra daños a terceros y establecer un sistema de inspección vehicular en todo el país, que en coordinación con el Repuve, supervise también las condiciones físico-mecánicas, de seguridad y de emisiones contaminantes del parque vehicular.

Anteriormente se vendían en México nueve autos por cada mil habitantes, comparado con Argentina y Brasil que comercializaba ocho unidades. Actualmente en Argentina se venden 14 unidades y en Brasil 15 y en los países desarrollados se venden 40 autos, en tanto que en México se retrocedió a ocho unidades por cada mil habitantes.

Lo anterior es muestra de que México atraviesa por un problema estructural, por ello para promover el sector es necesario eliminar las cargas fiscales, renovar el parque vehicular y generar un marco normativo apropiado. Por otra parte, el presidente ejecutivo de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT), comentó que las ventas de vehículos pesados de enero a agosto (2009) se contrajeron 66 por ciento, comparado con el año anterior (2008) y la producción 42 por ciento.

También hizo la denuncia que en el país circulan más de 186 mil unidades pesadas obsoletas y contaminantes con más de 50 años de antigüedad, en tanto que el programa de chatarrización camiones pesados tan solo lleva la cantidad de 10 Mil 520 unidades renovadas en cinco años.

Además apuntó que es importante modernizar de manera estructurada al sector, establecer reglas claras y que se cumplan, mejorar la calidad del medio ambiente, fomentar proyectos productivos a lo largo de toda la cadena que se traduzcan en empleo formal, preservar la infraestructura carretera, incrementar la seguridad de los usuarios de las carreteras de México, además de mejorar la cadena productiva y el empleo. El programa de chatarrización representa un esfuerzo por parte del Gobierno Federal, que tiene como objetivo la renovación de camiones pesados, sin embargo en la actualidad ya es insuficiente, por lo que requiere una actualización y sobre todo una reevaluación económica por concepto de unidad desechada.

#### **3.4.2 Parque vehicular en México (Vehículos Nuevo)**

El presidente de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMIA) informó que, desafortunadamente, en México se sigue una tendencia inversa al mundo, sobre todo tratándose de países productores.

Por ejemplo, en México se cuenta con tecnologías obsoletas que generan un dispendio de combustible y, por ende, un gasto adicional para las familias y mayor contaminación, además de un envejecimiento del parque vehicular. “En el resto del mundo, en cambio, se trabaja en el desarrollo de tecnologías limpias, mejora de combustibles, ahorro de energéticos, renovación del parque vehicular, desarrollo de autos híbridos a base de diesel, etanol, etcétera”.



En un estudio de comercialización realizado por la AMIA, un indicador del desarrollo del mercado interno de un país lo constituye el número de vehículos vendidos por cada mil habitantes. En países como Estados Unidos, Alemania y Japón, el número de vehículos nuevos vendidos por cada mil personas en su mercado doméstico oscila entre 40 y 44 %. A su vez, en México este indicador no sólo no crece, sino que muestra un retroceso en ocasiones de 10% en los últimos cinco años.

La demanda por vehículos ligeros nuevos de este año (2009) experimentó una caída de 37,7%, para alcanzar una cifra de 53,438 unidades contra 85,823 de mayo de 2008, mientras que el acumulado durante los cinco meses de 2009 disminuyó 30,6%. Así mismo, la venta interna de las empresas estadounidenses cayó 37%; la de las asiáticas 31,2% y la de las europeas 13,2% en el mismo período.

Con un volumen de 108,162 unidades en mayo 2009, la producción total de vehículos fue 39,4% menor que en el mismo mes de 2008. Esta disminución refleja la caída en la demanda nacional e internacional y el esfuerzo que continúan haciendo las empresas armadoras por reducir inventarios, inclusive a través de paros técnicos.

Por su parte, las cifras mostradas por la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (Antpac) señalaron que en mayo de 2009 la venta interna cayó 73,7%, las exportaciones 16,3% y la producción 53,6%. “Con este resultado se agudiza la tendencia negativa del año y se reafirma el pronóstico de una caída de 50% para todo 2010. Al efectuar una comparación de tendencias por clases encontramos decrementos en todas”, destaca Antpac.

### 3.4.3 Parque vehicular en México Importado (Vehículos Nuevos)

Desde 1993, con la publicación de la norma oficial mexicana NOM-PA-CCAT-007/93 que establece los niveles máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo, provenientes del escape de motores **nuevos** que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, se orientó hacia el uso de vehículos con tecnologías que eviten el deterioro de la calidad del aire,

En dicha norma se establecieron niveles máximos permisibles de emisión para vehículos con año modelo de 1998 en adelante, ordenándose así mismo que, en tanto se suministrará en todo el territorio nacional diesel con contenido de azufre de 0.05%, los fabricantes de vehículos y motores a diesel incorporarían su tecnología bajo normas certificadas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA)

A partir del año 2004 es posible la importación de vehículos nuevos libres de arancel procedente de Estados Unidos, Canadá y los países de la Unión Europea, de acuerdo con lo establecido en los tratados de libre comercio de América del Norte (TLCAN) y de la Unión Europea.



La importación de la unidad debe llevarse a cabo a través de una agencia aduanal legalmente establecida, contando con el pedimento de importación correspondiente para cada vehículo. Sólo pueden internarse al país vehículos nuevos, es decir, cuya comercialización sea de primera mano, el modelo del año actual o que tenga 90 días de fabricación como máximo, y que su recorrido sea no mayor a los mil kilómetros.

Se debe obtener el certificado de origen para acreditar que los vehículos cumplen con los requisitos de los acuerdos comerciales, es decir, en el caso del TLCAN que cuente con 62.5 de componentes fabricadas en América del Norte. Al ingresar al país, dichos vehículos deberán pagar los impuestos y derechos federales y estatales aplicables a las unidades que se comercializan en México (ISAN, IVA, Tenencia). El comprador debe asegurarse que los vehículos cumplen con todas las normas mexicanas en materia de identificación y registro, emisiones de gases, ruido, y de de seguridad, entre otras.

#### **3.4.4 Parque vehicular en México Importado (Autos Chocolate)**

No se puede hablar de Autos en México sin mencionar a los “Autos chocolate”, que “han generado” una gran problemática en el país desde hace muchos años. El término de *Auto chocolate* se refiere a un vehículo con antigüedad de más de 10 años, usado de procedencia extranjera (ilegal ó no ilegal) que se encuentra circulando en el país de forma permanente.

En los años de restricción al mercado mexicano, en las localidades fronterizas como excepción, la gente podía ir a comprar su auto usado "al otro lado", al ser un mercado mucho más abierto, el valor de reventa de estos autos era considerablemente menor al de uno en la capital o el interior del país. En los años 80 se volvió muy popular entre los estados del altiplano, además de la zona fronteriza, el traer estos vehículos usados, en relativamente buenas condiciones, ya que se requería un desembolso considerablemente inferior, que comprar en su localidad un vehículo usado hecho en el país.

A esto contribuía una menor carga impositiva en los Estados Unidos, así como una mayor oferta de éstos vehículos de lo que se podía encontrar en el país.

Esta irregularidad continuó hasta 2005, año en que el entonces presidente Vicente Fox Quesada autorizó el proceso de legalización de los vehículos usados de procedencia extranjera con más de 10 años de antigüedad.

En primera instancia, esto ha representado un aparente beneficio para muchas familias mexicanas, sin embargo han ocasionado problemáticas, tales como contaminación ambiental al no contar estas unidades con los controles de emisiones reglamentados por ley (los convertidores catalíticos tienen una duración aproximada de 10 años), a la falta de refacciones en algunos casos (por tratarse de modelos o versiones que no se comercializaron en el país), y el consiguiente daño a la industria automotriz nacional al preferir una parte de la población este tipo de unidades más baratas, que el adquirir un auto mexicano por los diversos canales de venta existentes.





La carencia de registros y controles totalmente seguros abre las puertas a la ilegalidad y a los abusos, tanto la industria automotriz como las autoridades del país han reconocido que los autos ilegales (chocolates) que circulan en el país facilitan la nulificación de los programas para reducir la "contaminación ambiental". La cámara de diputados se ha dado a la tarea de hacer un estudio sobre el desarrollo de los planes para controlar la entrada de este tipo de vehículos, siendo así que elaboro un reporte en el cual da una explicación de la entrada al país de este tipo de vehículos y sus consecuencias.

### **REPORTE DE LA CAMARA DE DIPUTADOS 12 DE FEBRERO DE 2010**

La entrada de 4.5 millones de autos usados de procedencia extranjera deterioró el parque vehicular, lo que privó el crecimiento de 80 por ciento del mercado interno, depreció los autos nacionales y se dejaron de crear más de 350 mil empleos, se señaló en la cámara de diputados, la secretaria de la Comisión de Economía dio a conocer que la fabricación de automóviles en México reportó un decrecimiento de 34.9 % entre enero y octubre de 2009 respecto al mismo periodo de 2008. La crisis que atraviesa la industria automotriz significa una caída de más de 31 % que acumulan las ventas al mercado interno, las seis marcas con producción en México que poseen 86 % del mercado, pese a la caída en ventas de vehículos.

A través de un punto de acuerdo, refirió que este año la industria calcula que venderá casi 780 mil unidades en tanto que para el próximo año cerca de 810 mil, no obstante para los especialistas del sector, las medidas tomadas hasta ahora por el gobierno federal no son contra cíclicas, pues no impulsan las ventas de autos nuevos en el mercado mexicano. Mencionó que la Secretaría de Economía (SE) anunció la ampliación del Programa de Renovación Vehicular, "según los especialistas el programa ha fracasado porque se han chatarrizado sólo 5 mil 680 vehículos, un promedio de 700 al mes, cuando la expectativa es que serían destruidos entre 8 mil y 10 mil vehículos mensualmente".

Además, aún no se definen las reglas sobre la antigüedad de los autos usados, ni los requisitos que tendrán que cumplir los dueños para poder chatarrizar su vehículo. En los casos de los autos con más de 10 años ya se flexibilizaron las reglas, y no se exige ya la factura original. Tampoco se ha definido hasta cuándo seguirá vigente el programa. Otro aspecto es que no hay consenso en el tema del monto del subsidio, que es de 10 mil pesos, que se considera muy bajo y la causa principal del fracaso de la chatarrización.

Se considera que también el aumento a 16 por ciento en el IVA afectará las ventas de automotores nuevos durante 2010. Para algunos analistas es un aumento indirecto que difícilmente podrá trasladarse en los precios de los autos nuevos en las condiciones actuales del mercado, en este sentido se han planteado algunas propuestas entre las cuales se encuentran la eliminación de la Tenencia de automóviles nuevos.

Así como una eliminación emergente del impuesto a la adquisición de autos nuevos y la aprobación de un fondo de 5 mil millones de pesos para un programa nacional de renovación del parque vehicular.



Una medida para incentivar al sector y que la SE puede impulsar es mejorar las reglas existentes a cumplir por los automóviles usados que ingresen al país. Asimismo, sería importante permitir a los consumidores devolver sus nuevos automóviles si pierden sus empleos.

Por ello, se presentará una petición de acuerdo para solicitar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para que rinda un informe sobre otorgar incentivos al consumidor, impulsar el Programa de Renovación del Parque Vehicular, eliminación temporal de impuestos como la tenencia sobre automóviles nuevos y del costo de poner en práctica un programa de eliminación temporal de la carga fiscal que afecta la venta de autos nuevos y elevar el nivel de deducibilidad, ampliándolo a todo el territorio nacional para el ejercicio fiscal de 2010, también pedir a la SE que proceda a realizar una investigación del programa vigente de renovación del parque vehicular, así como alcances, limitaciones y su impacto económico. Además, que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales verifique la correcta aplicación de los mecanismos de emisiones y condiciones físico-mecánicas de autos usados para que, en caso de que se encuentren en buenas condiciones, no sean incluidos en el programa de chatarrización de vehículos, por contar con más de 10 años, situación que afecta a las familias que no pueden acceder a la compra de un auto nuevo.

### 3.5 VERIFICACIÓN VEHICULAR

Los esfuerzos para sanear la atmósfera de la ZMVM, son recientes. Hasta 1986, se operaba una pequeña red de monitoreo manual del aire que medía principalmente bióxido de azufre, plomo y partículas. Durante ese año se instaló la primera Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) integrada por 25 estaciones de medición en tiempo real, que registran los niveles de ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), plomo (Pb), partículas suspendidas totales (PST) y, a partir de 1995, partículas menores de 10 micras (PM-10) y radiación ultravioleta (UV-B). La RAMA actual cubre gran parte de la zona metropolitana con 32 estaciones automáticas y 12 manuales en operación

En 1987-88, la RAMA produjo una serie continua y confiable de registros de la calidad del aire. Sus datos indicaban que se violaban las normas de todos los contaminantes, casi todos los días, alcanzando niveles de concentración de hasta dos y tres veces por arriba de los estándares internacionales. Por decisión gubernamental, esta información se empezó a dar a conocer a la sociedad a través de los medios masivos de comunicación, para promover la creación de una conciencia social que sustentara la instrumentación de las medidas necesarias de prevención y control de las emisiones contaminantes.

En paralelo, en 1989, el Gobierno Federal junto con los Gobiernos locales del Distrito Federal y del Estado de México (entidades sobre las que se asienta la metrópoli) constituyeron un Grupo para analizar las causas y fuentes de la contaminación, así como para diseñar e instrumentar las medidas para su prevención y control. Al analizar las causas y fuentes de la contaminación se encontró que el problema era multisectorial y que su solución requería de la participación de numerosas entidades gubernamentales, así como del sector privado, laboral, instituciones de investigación y académicas y de los representantes sociales. En consecuencia a los trabajos del grupo se incorporaron:



La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (ahora Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca SEMARNAP) por ser la entidad responsable de proponer las normas y estándares ambientales y fiscalizar su cumplimiento por parte de la industria.

La Secretaría de Salud (fija las normas que establecen los límites máximos de exposición del cuerpo humano a los contaminantes y proteger la salud social).

La Secretaría de Energía (fija las políticas que deben cumplir las entidades estatales encargadas de la elaboración de combustibles petrolíferos y las de generación de energía eléctrica).

La Secretaría de Educación Pública (responsable de los programas de educación).

La Secretaría de Industria y Comercio (responsable de normar a la industria y a los servicios).

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (propone al Congreso los presupuestos que ejercerán las entidades gubernamentales).

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (fiscaliza el cumplimiento de la normatividad ambiental por parte de los transportes que transitan en las carreteras federales)

El Gobierno del Distrito Federal (Se asienta la mitad de la población de la metrópoli y conlleva el control de la contaminación proveniente de los vehículos y empresas de servicios).

El Gobierno del Estado de México (Se asienta la otra mitad de la metrópoli y que tiene las mismas responsabilidades que el gobierno del Distrito Federal).

Petróleos Mexicanos (empresa estatal responsable de producir los productos petrolíferos que se demandan en el país).

La Comisión Federal de Electricidad (Abastecedora del fluido eléctrico y operadora de las plantas termoeléctricas que operan dentro de la cuenca atmosférica donde se localiza la metrópoli y son las principales consumidoras de combustibles de la zona).

El Instituto Mexicano del Petróleo (centro de investigación científica petrolera, industrial y vehicular).

Después de un año y medio de estudios, la elaboración de un inventario de emisiones y la preparación de programas y proyectos para el control de las fuentes de emisiones contaminantes, el grupo interinstitucional produjo el primer Programa Integral para Combatir la Contaminación Atmosférica (PICCA). El programa se orientaba a través de cinco líneas de acción estratégicas:

- 1.-Mejorar la calidad ambiental de los combustibles y promover la utilización de los más limpios.
- 2.-Modernizar la flota vehicular con tecnologías menos contaminantes, expandir y articular el transporte colectivo y fiscalizar las emisiones de todos los vehículos en circulación.
- 3.-Modernizar ambientalmente a la industria y asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental.
- 4.-Proteger y restaurar los recursos naturales de la cuenca donde se asienta la metrópoli.
- 5.-Desarrollar la investigación científica sobre el fenómeno y sus alternativas de manejo, educar ambientalmente a la población y promover la participación ciudadana.

Las líneas de acción estratégicas comprendían 109 proyectos y acciones que requerían una inversión del sector público y privado de aproximadamente 4.2 billones de dólares, con el objetivo de disminuir el 37.5% de las emisiones contaminantes.



---

Entre las medidas más importantes que se empezaron a instrumentar desde 1990 se encuentra:

- La eliminación gradual del plomo de las gasolinas, así como la reducción de sus contenidos de azufre, benceno (por su toxicidad) de olefinas, aromáticos y presión de vapor (para reducir su reactividad y contribución a la formación de ozono).
- El aumento del índice de cétano, así como la disminución del contenido de azufre y de aromáticos en el diesel.
- La eliminación de la oferta de combustóleo (combustible pesado de uso industrial con alto contenido de azufre) y su substitución con gas natural o gasóleo (de bajo contenido de azufre). Transporte
- La obligatoriedad para que todos los vehículos nuevos a gasolina incorporaran convertidor catalítico y sistemas de control de emisiones adicionales que se requerían en los Estados Unidos de América.
- La verificación obligatoria de emisiones, dos veces por año, para todos los vehículos en circulación.

### **Objetivo del Programa**

El presente Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, tiene como objeto establecer el calendario y los lineamientos conforme a los cuales todos los vehículos automotores de combustión interna matriculados en el Distrito Federal deberán ser verificados, en sus emisiones contaminantes, durante el primer semestre del año 2010, con excepción de las motocicletas.

Quedan obligados a observar las disposiciones del presente Programa los propietarios, poseedores y/o conductores de todos los vehículos automotores matriculados en el Distrito Federal (con excepción de las motocicletas y de los vehículos de colección); así como los que porten placa metropolitana. Asimismo, quedan obligados a observar el presente Programa los responsables de los Verificentros y los Talleres PIREC ubicados en el Distrito Federal, los proveedores de equipo de verificación vehicular, los proveedores de convertidores catalíticos que se comercialicen bajo el esquema del Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC), así como los laboratorios de calibración.

En cumplimiento del artículo 140 de la Ley Ambiental del Distrito Federal, los propietarios o poseedores de vehículos automotores en circulación matriculados en el Distrito Federal deberán realizar la verificación de sus unidades en los Verificentros autorizados por el Gobierno del Distrito Federal.

### **MARCO NORMATIVO**

La verificación vehicular obligatoria deberá efectuarse de conformidad con lo previsto en las normas oficiales mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM-047-SEMARNAT-1999 y NOM-050-SEMARNAT-1993 o las que posteriormente las sustituyan, así como los acuerdos establecidos en materia de verificación vehicular e inspección y vigilancia en el Distrito Federal.



## DEFINICIONES

**Vehículos de uso particular:** aquellos con tarjeta de circulación en donde se especifique el uso 33 y/o 36 (uso particular), así como el nombre de una persona física o moral, destinados al transporte privado, servicio diplomático, consular o pertenecientes a organismos internacionales.

**Vehículos de uso intensivo:** aquellos con tarjeta de circulación a nombre de una persona física o moral y con uso distinto al particular tales como taxis, microbuses, vehículos oficiales, flotillas de empresas industriales y de servicios, entre otros.

**Vehículos de usos múltiples o utilitarios:** Aquellos utilizados para el transporte público o privado de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial para operar ocasionalmente fuera del camino, exceptuando taxis.

**Vehículos con placas de autos antiguos o para discapacitados:** aquellos que cuentan con la placa correspondiente expedida por las dependencias autorizadas del Gobierno del Distrito Federal o de otros Estados.

El grupo interinstitucional se convirtió, a partir de 1992, en la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación del Valle de México, ahora conocida como la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM).

PROAIRE: el segundo plan integral de saneamiento atmosférico.

En 1995, sustentado en la información científica que se había estado generando y construyendo sobre los logros del programa anterior (PICCA), se preparó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (PROAIRE). Este programa seguía las líneas estratégicas reforzando y ampliando las medidas de prevención y control instrumentadas para mejorar la calidad de los combustibles, disminuir las emisiones del transporte e industrias y proteger los recursos naturales de la cuenca. En el PROAIRE se agruparon 94 acciones que se estimaba requerirían una inversión de 13.4 billones de dólares.

### 3.6 RENOVACIÓN (VEHICULOS TIER I Y II)

Después de la segunda guerra mundial, California y muchos otros estados de U.S.A. comenzaron a promulgar leyes para intentar regular la contaminación del aire producida por una sociedad en crecimiento que estaba comprando vehículos, construyendo fábricas, construyendo calles y autopistas a tasas enormes.

En 1967 se estableció la Ley Federal de Calidad de Aire la cual permitió a California establecer normativas más estrictas para los nuevos vehículos que comenzaban a aparecer, debido a que a esa fecha sufría las peores condiciones ambientales del país.

Comenzó entonces este año a funcionar la agencia CARB (California Air Resources Board) o Junta de Recursos del Aire de California. Hoy en día, dado que el mercado automotriz de California es uno de los mayores en el mundo, CARB ejerce enorme influencia sobre los requisitos de emisiones que los principales fabricantes de automóviles deben cumplir si desean vender en ese mercado.



Después en 1970 entra en operación la Agencia de Protección Medioambiental Estadounidense (U.S. EPA, United States Environmental Protection Agency), propuesta por el presidente Richard Nixon. El 5 de Junio de 1991 fue publicada como norma definitiva la *Tier I* la cual fue definida en la Ley de Aire Limpio de 1990.

Esta normativa de emisiones fue implementada gradualmente entre 1994 y 1997. Años después, dado el crecimiento de la población y por ende del parque automotriz fue necesario publicar el 21 de diciembre de 1999 la normativa *Tier II*, implementada gradualmente de 2004 a 2009.

### **TIER III ó Fase 3<sup>a</sup> - 2010-2016**

El 19 de mayo de 2009 el Presidente de USA anunció una nueva economía de combustibles y de la política de emisiones nacional, ese plan invita a California a incorporar normas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por su propia cuenta, además de las regulaciones del gobierno federal. Estableciendo que el kilometraje de la flota de los vehículos tendrá un promedio de 42 millas por galón, y los camiones tendrán un promedio de 26 millas por galón en 2016.

A un no está claro si estas cifras se basan en los promedios de la EPA, lo que está impreso en la etiqueta a la Ventana de un coche ó las normas.

Una segunda ronda de las normas de California, conocido como de baja emisión de vehículos TIER II, se mide el tiempo para coordinar con el despliegue de la 2<sup>o</sup> lista. Bajo las regulaciones de LEV II, el Tier I y clasificaciones TLEV fueron retirados en 2004, y el resto de LEV, ULEV, y las categorías SULEV se hicieron más estrictas. Por lo tanto estas versiones más estrictas, conocido como "LEV II", "ULEV II", y "SULEV II". Tier II define aproximadamente lo que los promedios de la flota deben ser, y es equivalente a la clasificación de California LEV II.

Las nuevas categorías siguientes también fueron creados:

- \* ILEV - inherentemente bajas emisiones de vehículo
- \* PZEV - vehículo parcial cero emisiones
- \* AT-PZEV – avance tecnológico vehículo parcial cero emisiones
- \* NLEV - Nacional de emisiones bajas de vehículos

- El PZEV y AT-PZEV puntuaciones son para los vehículos que se logre una calificación SULEV II y que también cuentan con sistemas para eliminar las emisiones de evaporación del sistema de combustible y que hayan 150,000 millas / 15-años de garantía en la emisión de los componentes de control.

- El PZEV y AT-PZEV puntuaciones son para los vehículos que se logre una calificación SULEV II Y también que cuentan con sistemas para Eliminar las Emisiones de evaporación del sistema de Combustible y que hayan 150,000 millas / 15-años de garantía en la emisión de los componentes de control. Varios vehículos de gasolina ordinaria del 2001 y años Posteriores, el modelo calificar como PZEV.



Si un PZEV tiene la tecnología que también puede ser utilizado en VEC como un motor eléctrico o tanques de alta presión de gas combustible por gas natural comprimido (GNC) o gas licuado de petróleo (GLP), califica como un AT-PZEV. Los vehículos eléctricos híbridos pueden beneficiarse, al igual que los vehículos de motor de combustión interna que funcionan con gas natural. Estos vehículos se denominan "parcial" VEC, ya que reciben parcial de crédito en lugar de VEC que los fabricantes de automóviles de otro modo sería necesario para vender en California.

### **3.7 DAÑO INMOBILIARIO Y ECOSISTEMAS (ECONOMICO)**

La variabilidad del clima ha sido una constante de la historia. Desde los primeros registros que el ser humano dejó plasmados acerca de su relación con el clima, la primera y más común de las observaciones ha sido que el clima es cambiante y, en buena medida, impredecible. A esta variabilidad natural del clima se ha sumado, en las décadas recientes, la inquietante comprobación de que las actividades del propio ser humano están incidiendo en el cambio del clima con efectos indeseables.

A ello se refiere la denominación de cambio climático antropogénico, es decir: las alteraciones en el delicado equilibrio del clima del planeta causadas por el propio ser humano. El cambio climático antropogénico, así, se ha convertido en una seria causa de preocupación para las políticas públicas, tanto desde una perspectiva global como desde el punto de vista de las afectaciones de carácter local que el ser humano ha provocado en el clima, que, a su vez, conllevan serios riesgos para la viabilidad del progreso económico, del bienestar y de la salud.

Sólo por mencionar algunos de los efectos indeseables del cambio climático antropogénico podemos citar fenómenos meteorológicos extremos, tales como sequías que reducen la producción de alimentos o lluvias torrenciales que provocan peligrosas inundaciones; caída de la productividad de las actividades agropecuarias; mayor frecuencia de incendios forestales; daños severos a las infraestructuras costeras, como puertos y bahías, a causa de una elevación inusitada del nivel del mar; afectaciones más o menos graves al intercambio comercial y al turismo y, desde luego y en un primerísimo lugar, perturbaciones graves a la salud debidas, por ejemplo, a los llamados "golpes de calor" así como a la transmisión de enfermedades por vectores.

El clima global es un bien público y por tanto, el cambio climático, desde una óptica económica, representa la mayor externalidad negativa global (Stern, 2007) y dada su magnitud, determinará en gran medida las características y condiciones del desarrollo económico en este siglo. Los impactos y los procesos de adaptación esperados serán, sin duda, impresionantes y crecientes a lo largo del siglo en diversas actividades económicas tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, el cambio de uso de suelo, la biodiversidad, el turismo, la infraestructura y la salud de la población.

Las consecuencias de estos cambios climáticos son ciertamente significativas y, dada su magnitud, determinarán las características y condiciones del desarrollo económico en este siglo.



La humanidad, en las próximas décadas, tendrá que enfrentar simultáneamente el reto de adaptarse a los impactos originados por las nuevas condiciones climáticas, al mismo tiempo, que se instrumenta una estrategia global de mitigación. Sin embargo, las características del cambio climático dificultan su análisis tanto global como regional y la construcción de un acuerdo internacional para enfrentarlo. En este sentido, deben mencionarse al menos las siguientes particularidades:

1. El cambio climático es un fenómeno global y representa, desde una óptica económica, la mayor externalidad negativa (Stern, 2007) aunque con importantes asimetrías regionales. El clima es un bien público global y por tanto el cambio climático es el resultado de una externalidad negativa en donde sus causas y consecuencias son mundiales pero diferenciadas y heterogéneas por países, e incluso asimétricas dentro de ciertos rangos climáticos.

En general, se observa que los países desarrollados contribuyen con una mayor proporción en la generación de GEI y, simultáneamente, sufren los menores impactos económicos y disponen de la mayor capacidad de adaptación y mitigación. Por el contrario, aquellos países menos desarrollados tienen una menor contribución en emisiones pero son más sensibles a los impactos climáticos y disponen de una menor capacidad de adaptación y mitigación. Estas condiciones hacen en extremo complejo construir un acuerdo internacional para enfrentar el cambio climático e indican la importancia de disponer de estudios regionales a profundidad.

2. El cambio climático es un fenómeno continuo y de largo plazo, con un elevado nivel de incertidumbre donde se requiere construir escenarios económicos de largo plazo. La evolución futura del fenómeno del cambio climático será el resultado de la difícil interacción de un conjunto muy heterogéneo de variables tanto climáticas, como económicas, sociales, tecnológicas, demográficas, políticas e incluso de política internacional; incluyendo además la compleja matriz de interrelaciones entre los impactos climáticos y las estrategias de adaptación y de mitigación subsecuentes.

En este contexto, es indispensable realizar escenarios prospectivos sobre la evolución de la economía mexicana para los próximos cien años, que permitan identificar una línea base sobre la que se puedan contrastar los impactos y los procesos de mitigación y adaptación del cambio.

3. El cambio climático es un fenómeno con un nivel de riesgo elevado donde existe una probabilidad de eventos catastróficos y de efectos de retroalimentación importantes. Más allá de los valores económicos que puedan asignarse a los impactos climáticos o a los procesos de mitigación, es necesario evitar pérdidas irreversibles en la biodiversidad y administrar apropiadamente el riesgo de un evento catastrófico, aun incluso con escasa probabilidad de ocurrencia de eventos climáticos más intensos, producto de los procesos de retroalimentación. El identificar los niveles de riesgo y ponderarlos adecuadamente requiere combinar un análisis económico sólido con una toma de decisiones informada que incluye resaltar algunos principios éticos.





---

---

## CAPITULO IV OBTENCION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES

### 4.0 GASOLINAS

En el principio de la era del transporte automotriz, la gasolina utilizada para los vehículos era una mezcla relativamente simple de fracciones de petróleo derivadas de crudos sometidos a destilación directa y pirolisis.

La calidad de la gasolina no era un factor importante para lanzar al mercado el producto, dado que lo primordial en aquel tiempo era producir cantidades suficientes para satisfacer la demanda. En la actualidad los productos deben cumplir con una serie de especificaciones que aseguren su calidad. Esto se logra con una serie de reacciones químicas que ocurren en los diversos procesos que constituyen una refinería, en donde se modifica la estructura de los hidrocarburos.

La gasolina es una mezcla compleja de combinaciones derivadas de la desintegración catalítica, Alquilación, reformación catalítica, isomerizaciones, aunado a cantidades pequeñas de aditivos destinadas a mejorar la eficiencia total.

#### 4.1. Definiciones y Composición

La gasolina es un producto derivado de la refinación del petróleo (crudo), compuesta principalmente por cadenas de hidrocarburos de cinco a nueve átomos de carbono, con un intervalo de ebullición comprendido entre los 100 y 400 °F. Opera en un motor de combustión interna con encendido de chispa.<sup>1</sup>

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos volátiles útiles para operar en un motor de combustión interna con encendido de chispa, y que tiene un número de octano no inferior a 60.<sup>2</sup> La gasolina es un combustible utilizado en el motor ciclo de Otto o de encendido de chispa. Es el producto más importante del petróleo y consiste en una mezcla de hidrocarburos que destila entre la temperatura ambiente y los 220°C. Uno de sus requisitos funcionales es que se queme rápidamente con uniformidad y de manera total en la cámara de combustión.<sup>3</sup>

Líquido inflamable y volátil obtenido del petróleo, con un margen de puntos de ebullición aproximadamente de 29°C a 216°C, utilizado como combustible en los motores de combustión interna con encendido por chispa.<sup>4</sup>

La gasolina está compuesta por una mezcla de hidrocarburos parafínicos, isoparafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos, principalmente contiene moléculas con cadenas de cinco a nueve carbonos, obtenidos de diversos procesos de refinación.

Adicionalmente, pasa por procesos para mejoramiento de sus características, así como de eliminación de compuestos contaminantes como el azufre.



#### 4.1.2 OBTENCION

Aactualmente los procesos de refinación se pueden agrupar de la siguiente manera: <sup>26</sup>

- **Destilación:** Proceso en el cual los componentes del petróleo crudo pueden ser separados, de acuerdo a sus temperaturas de ebullición. Este proceso consiste en dos etapas: la primera a presión atmosférica y la segunda a presión a vacío.

En la destilación a presión atmosférica, se logra una separación del petróleo crudo en diversas fracciones, debido a la volatilidad de los componentes. En la destilación a vacío, se trabaja a presiones inferiores a la atmosférica para evitar la descomposición térmica de los hidrocarburos más pesados del petróleo crudo.

- **Proceso de Desintegración** (Desintegración Catalítica Fluida): Proceso por el cual los componentes pesados del petróleo crudo se descomponen en hidrocarburos más pequeños.
- **Proceso de Combinación** (Alquilación): Proceso que consiste en unir moléculas pequeñas en otras más grandes, por medio de un catalizador de naturaleza ácida fuerte, como lo es el ácido sulfúrico.
- **Proceso de Reagrupación** (Reformación e Isomerización): Proceso que tiene como finalidad reagrupar las estructuras de las moléculas mejorando sus propiedades, formando productos de alto índice de octano.

El octanaje en la gasolina es la medida de su calidad antidetonante, es decir, su habilidad para quemarse sin causar detonación en los motores de los automóviles.

La detonación es el ruido en el motor, que se da como resultado de la combustión descontrolada. Usando una gasolina de alto número de octano, se asegura la combustión sin causar detonación en los motores de los automóviles.

- **Proceso de Purificación** (Hidrodesulfuración e Hidrotratamiento): Tiene como objetivo principal reducir los compuestos de azufre, así como también purificar, limpiar y mejorar la calidad de las materias primas.
- **Procesos para mejorar las características de las gasolinas:** Proceso por el cual se adicionan compuestos oxigenados a la gasolina.

La materia prima para producir estos compuestos se obtiene del proceso de Desintegración Catalítica Fluida (FCC), las olefinas C4 se hacen reaccionar con el metanol y se obtiene el Metil ter-butil éter, las olefinas C5 se hacen reaccionar con el metanol para producir Ter-amil metil éter. La adición de estos compuestos a la gasolina aumenta su octanaje.

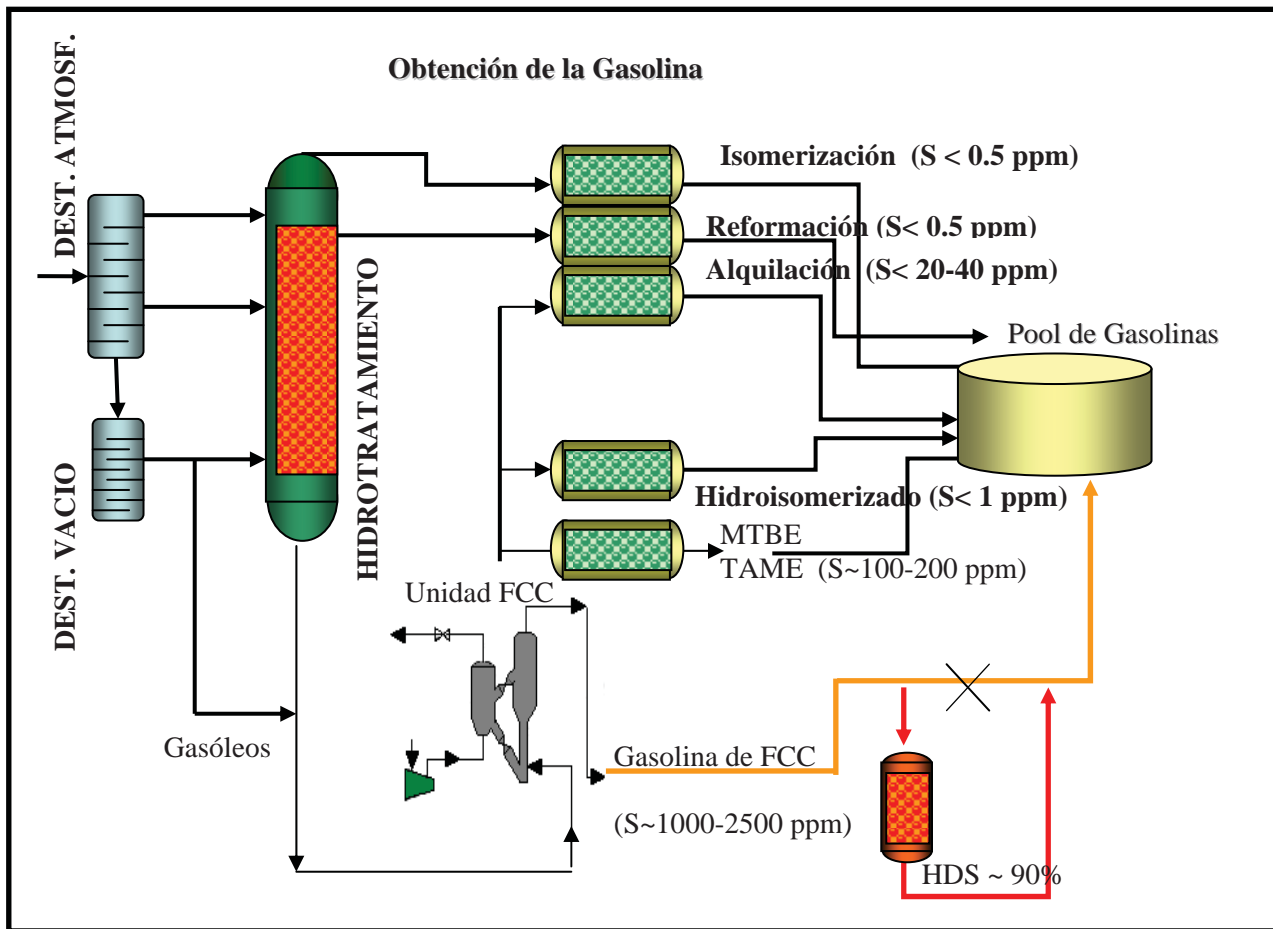


Grafico 4.1.2<sup>27</sup> Obtención de la Gasolina. Representación típica de los procesos de refinación asociados a la producción de gasolinas.

### Destilación

El petróleo crudo contiene millones de hidrocarburos, sus componentes se pueden clasificar de acuerdo con el intervalo de sus puntos de ebullición que van desde los  $30^{\circ}\text{C}$  para productos de cabeza, como son los gases combustibles y una gasolina ligera, hasta los  $400^{\circ}\text{C}$  para un producto de residuo. Para separar el petróleo crudo en diferentes fracciones uno de los procesos más utilizados es el uso de columnas de crudo quienes son las unidades de mayor tamaño en la refinería; llamadas Columnas de Destilación Fraccionada.

El petróleo crudo se calienta a una temperatura en la que se evapora parcialmente y después se introduce a una columna de destilación. El proceso de separación se lleva a cabo por medio de la destilación primaria a condiciones de presión atmosférica, la temperatura de la parte inferior de la columna se limita a temperaturas entre  $370$  y  $400^{\circ}\text{C}$  para evitar la descomposición térmica.

La unidad destiladora está equipada con numerosos platos entre los cuales los vapores de hidrocarburos pueden ascender, conforme ascienden por los platos los vapores se hacen más ligeros (de menor peso molecular y más volátil) y el líquido que fluye hacia abajo se hace progresivamente más pesado (de mayor peso molecular y menos volátil).<sup>7</sup>



El primer material destilado a partir del petróleo crudo, es la fracción de gasolina seguida por la nafta y finalmente el queroseno. La nafta, que es la fracción extraída en la parte superior de la columna de destilación, se usa principalmente en motores de gasolina y es procesada para mejorar el índice de octano por medio de una reformación catalítica. El producto destilado medio incluye al diesel, el queroseno y ciertos disolventes. Las fracciones de las partes inferiores, pueden usarse como aceite combustible, pero generalmente se destilan al vacío para aumentar el rendimiento de aceite destilado de alto valor.<sup>6</sup>

El contenido de azufre en las distintas fracciones del petróleo crudo aumenta con el punto de ebullición, así la fracción de combustible diesel contiene porcentajes superiores de azufre que la gasolina. La columna de vacío se emplea para separar la porción más pesada del petróleo crudo en fracciones, ya que las altas temperaturas necesarias para vaporizar el crudo de cabeza a la presión atmosférica darían lugar al craqueo térmico y por consiguiente la pérdida y decoloración del producto, así como también ensuciamiento del equipo debido a la formación de coque.<sup>7</sup> En la columna de vacío se obtiene el gasóleo pesado.<sup>8</sup>

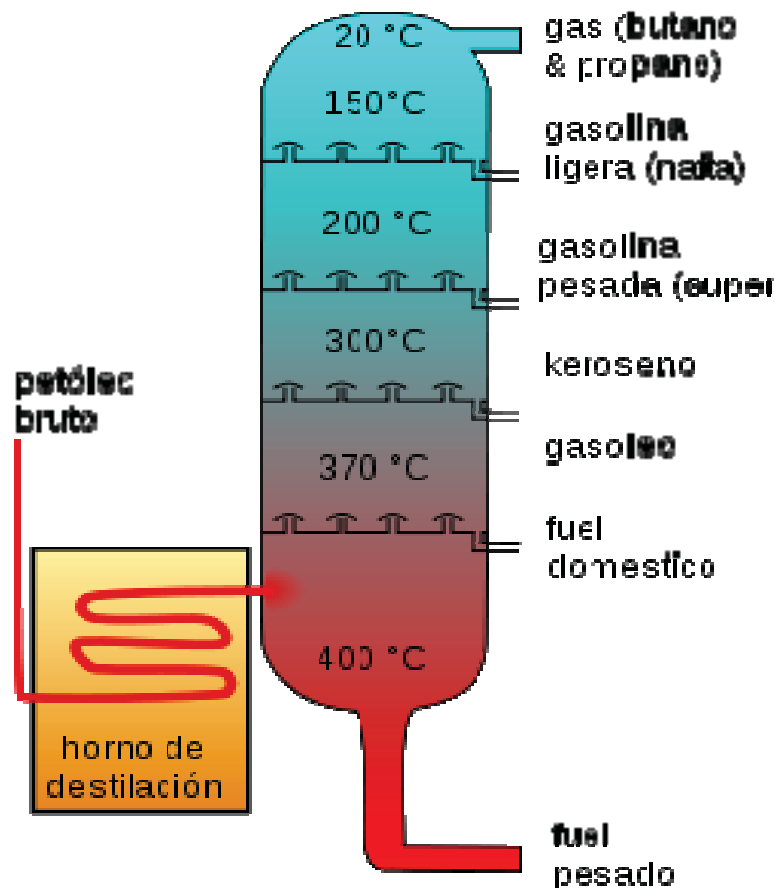


Grafico 4.1.2a Se puede observar el esquema de una torre de destilación para la separación de los componentes del petróleo crudo.<sup>9</sup> En la cual se ejemplifica las cuatro fracciones obtenidas, Siendo por el domo en donde se obtiene la fracción más ligera que es el gas, siguiendo en forma descendiente la obtención de las gasolinas y posteriormente las fracciones intermedias, como son la nafta, queroseno, gasóleo y finalmente de forma atmosférica la obtención de los residuos.



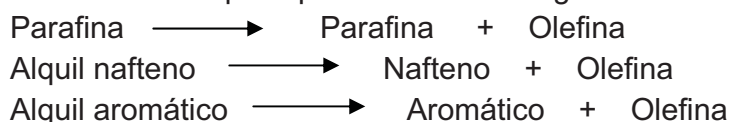
### Desintegración Catalítica Fluida (FCC)

Este es un proceso de conversión de hidrocarburos pesados presentes en los gasóleos, que permite producir gasolina y en consecuencia aumentar el rendimiento de este combustible en las refinerías, disminuyendo la producción de residuales.

El proceso de Desintegración Catalítica Fluida (por sus siglas en inglés Fluid Catalytic Cracking, FCC), se alimenta de una corriente de gasóleos de vacío mezclados con gasóleo pesado. A una temperatura de 515°C se da el rompimiento de las moléculas de hidrocarburo.<sup>26</sup> El proceso FCC se basa en la descomposición o rompimiento de moléculas de alto peso molecular; esta reacción se promueve por un catalizador sólido con base en zeolitas pulverizadas, que se incorpora a los hidrocarburos de carga en un reactor de tipo tubular con flujo ascendente.

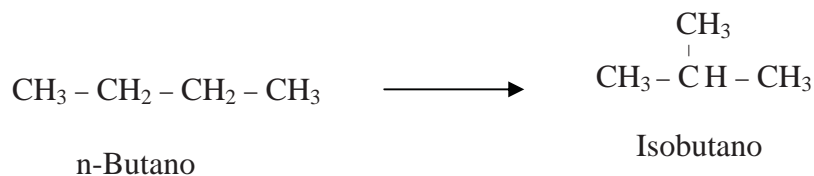
En el proceso se producen además de gasolina, productos más ligeros como gas seco (metano y etano) y fracciones de 3 a 5 átomos de carbono, de carácter olefínico, que se utilizan como materia prima en la producción de éteres y gasolina alquilada en procesos subsecuentes de la refinería. En el proceso, se rompen los hidrocarburos de cadena larga que componen el gasóleo pesado, generándose gasolina que contiene 30% de aromáticos y de 20 a 30% de olefinas, además de compuestos más ligeros.<sup>5</sup> Los catalizadores permiten aumentar la velocidad de la reacción y además hacen que las moléculas se rompan de cierta manera, los pedazos se unen y forman un determinado tipo de hidrocarburos.

Las reacciones principales en la desintegración catalítica son las siguientes:<sup>7</sup>



### Hidroisomerizado

Para mejorar la calidad del producto, se utiliza un proceso en el que las parafinas normales se convierten en isoparafinas. Este proceso está basado en el uso de hidrógeno. Con la conversión de parafinas normales a hidrocarburos ramificados, se obtiene un mayor octanaje.



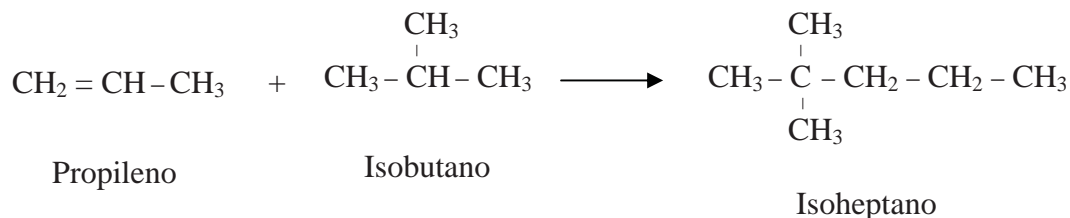
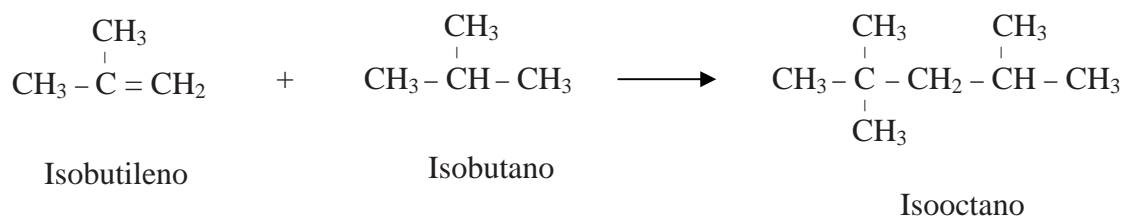
### Alquilación

La demanda de carburantes con alto número de octano para aviones durante la Segunda Guerra Mundial, fue un estimulante para el desarrollo del proceso de Alquilación para producir gasolinas isoparafínicas de alto número de octano.<sup>7</sup>



La Alquilación consiste en la combinación química de isobutano ya sea con propileno o butileno, para hacer crecer la cadena de hidrocarburos y formar una mezcla de parafinas muy ramificadas (isoparafinas) con alto índice de octano y un mayor peso molecular.<sup>8</sup>

La Alquilación es un proceso catalítico que requiere de un catalizador de naturaleza ácida fuerte, y se utilizan para este propósito ya sea ácido fluorhídrico o ácido sulfúrico. El proceso de Alquilación con ácido sulfúrico opera entre 4 y 15°C y a una presión ligeramente superior a la atmosférica.<sup>6</sup> Las principales reacciones que tienen lugar en la Alquilación son la combinación de las olefinas con las isoparafinas, como se muestra a continuación:<sup>7</sup>



### Isomerización

La isomerización, puede definirse como el rearrreglo de la configuración estructural de una molécula sin cambiar su peso molecular. Los isómeros son moléculas que tienen el mismo tipo y cantidad de átomos, pero con diferente estructura en su conformación. En el caso particular de las parafinas, que son hidrocarburos constituidos por cadenas de átomos de carbono asociados a hidrógeno, se tienen para una misma fórmula general ( $\text{C}_n\text{H}_{(2n+2)}$ ) una gran variedad de estructuras; cuando la cadena de átomos de carbono es lineal, el compuesto se denomina parafina normal, y si la cadena es ramificada, el compuesto es una isoparafina.

En el grupo de parafinas que forman parte de las gasolinas, las isoparafinas tienen número de octano superior a las parafinas normales, de tal manera que para mejorar la calidad del producto se utiliza un proceso en el que las parafinas normales se convierten en isoparafinas a través de reacciones de isomerización. Los catalizadores utilizados están constituidos por metales como el platino, paladio y níquel soportados en alúmina activada con zeolitas.<sup>25</sup>

Las condiciones de operación características en este proceso son:<sup>7</sup>

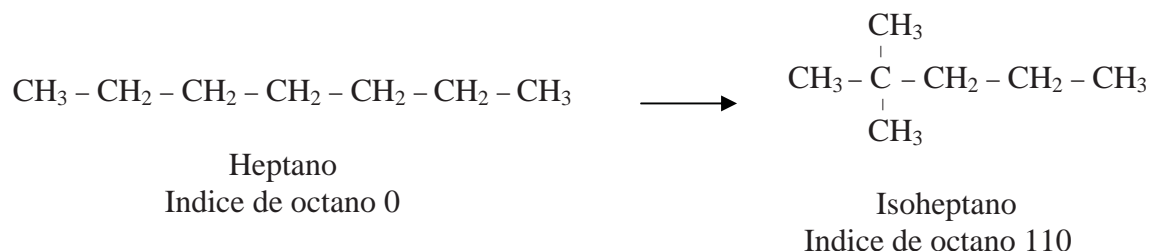
Temperatura 250 - 350°F  
 Presión 250 - 400 psig



Los procesos de isomerización, se utilizan en la industria del petróleo para cambiar la configuración estructural de las parafinas C4 (n-butano) a isobutano.

Las parafinas C5 y C6 se convierten por isomerización en estructuras más ramificadas del mismo peso molecular a fin de mejorar sus índices antidetonantes.<sup>8</sup>

Por ejemplo, con el heptano normal, que tiene siete átomos de carbono formando una cadena lineal, su índice de octano es de cero. Pero al isomerizarlo se hace altamente ramificado y se obtiene el isoheptano, que tiene índice de octano de 110.<sup>10</sup>



### Modificación de los hidrocarburos para elevar octanajes.

#### Reformación Catalítica

El proceso de reformación tiene por objetivo, el reordenamiento de la estructura molecular de ciertas cadenas de hidrocarburos, particularmente de las naftas con características antidetonantes deficientes. En este proceso es necesario elevar la temperatura hasta 480°C.<sup>26</sup>

Los cortes de nafta que se obtienen por destilación directa del petróleo crudo presentan un número de octano muy bajo.

Es necesario entonces modificar la estructura química de los compuestos que integran las naftas, y para ello se utiliza el proceso de reformación en el que a condiciones de presión moderada y alta temperatura, se promueven reacciones que conducen a la generación de compuestos de mayor octano como son los aromáticos y las isoparafinas.

Prácticamente toda la nafta introducida a las unidades de reformación catalítica es hidrotratada para eliminar sustancias distintas de hidrocarburos, que afectarían negativamente la estabilidad de los catalizadores de la reformación. Algunas de las sustancias eliminadas son azufre, nitrógeno, oxígeno y compuestos orgánicos de arsénico y paladio.<sup>8</sup>

Todos los catalizadores de reformado de uso general hoy en día contienen platino (Pt), soportados sobre una base de sílice o de alúmino-sílice. En muchos casos el renio (Re) se combina con el platino (Pt), para formar un catalizador más estable.<sup>7</sup>

Las materias primas características de los reformadores catalíticos se componen de cuatro grupos de hidrocarburos principales<sup>7</sup>, y se presentan en la siguiente Tabla.

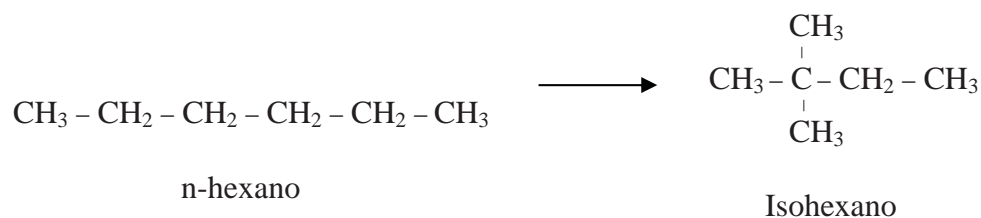


Componente	% Vol.	
	Alimento	Producto
Parafinas	45-55	30-50
Olefinas	0-2	0
Naftenos	30-40	5-10
Aromáticos	5-10	45-60

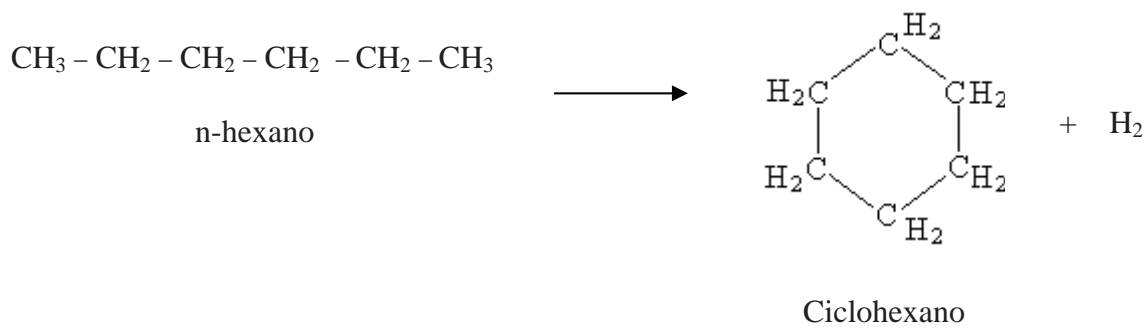
Tabla 4.1.2 Materias primas y productos características del reformado catalítico

Las reacciones típicas que se suceden en el proceso de reformación catalítica, se muestran a continuación: <sup>5</sup>

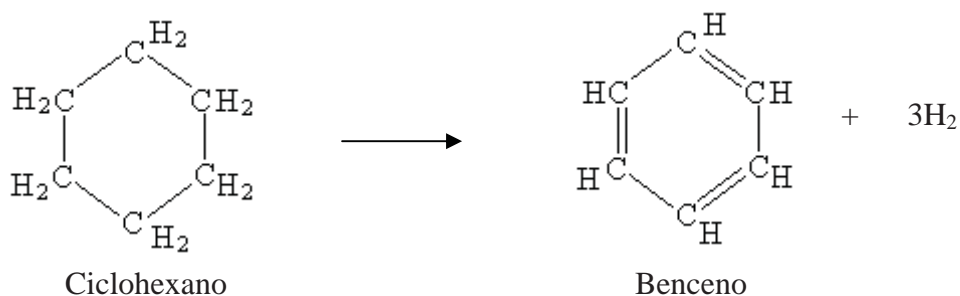
Isomerización: de Parafinas a Isoparafinas



Formación de estructuras cíclicas: de Parafinas a Naftenos



Deshidrogenación: de Naftenos a Aromáticos







## Procesos de Purificación

El tratamiento con hidrógeno es un proceso para eliminar los elementos inaceptables en las materias primas o en los productos haciéndolos reaccionar con hidrógeno.<sup>7</sup> Los procesos de Purificación se pueden clasificar en:

- Hidrotratamiento.
- Hidrodesulfuración.

### Hidrotratamiento

Se le denomina Hidrotratamiento por estar basado en el uso de hidrógeno que reacciona con los compuestos de azufre presentes en los hidrocarburos para formar ácido sulfhídrico.

El Hidrotratamiento tiene numerosas aplicaciones en las refinerías, donde su principal función es purificar, limpiar y mejorar la calidad de las materias primas.<sup>8</sup> Los elementos eliminados mediante tratamiento con hidrógeno incluyen al azufre, el nitrógeno y las trazas de metales, entre otros. Este proceso se aplica a un amplio sector de materias primas que abarca desde la nafta hasta el crudo reducido.<sup>7</sup>

Los intervalos característicos de las condiciones de operación son las siguientes: <sup>7</sup>

Temperatura    600 - 800°F  
Presión            100 - 3,000 psig

La conversión se realiza en un reactor químico con catalizador sólido constituido por alúmina impregnada con molibdeno (Mo), níquel (Ni) y cobalto (Co). Las fracciones de bajo punto de ebullición, como las naftas, tienen bajo contenido de azufre.

En los objetivos del Hidrotratamiento se incluyen: <sup>8</sup>

- Pretratamiento de nafta para unidades de reformación catalítica.
- Desulfuración de combustibles destilados.
- Mejoramiento de la calidad de combustibles.
- Pretratamiento de materia prima para desintegración catalítica por eliminación de metales, azufre y nitrógeno.
- Mejoramiento de color, olor y estabilidad en almacenamiento de diversos combustibles.

### Hidrodesulfuración (HDS)

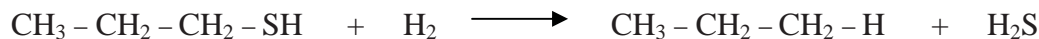
Cuando el proceso que se emplea es específicamente para la eliminación del azufre, se denomina Hidrodesulfuración (HDS).<sup>7</sup> La Hidrodesulfuración, es un proceso catalítico por medio del cual una carga de alimentación de hidrocarburo e hidrógeno pasa por el lecho de un catalizador a temperaturas y presiones elevadas (730°F y 196 psia).

Las principales reacciones que se llevan a cabo en este proceso son las siguientes: <sup>7</sup>

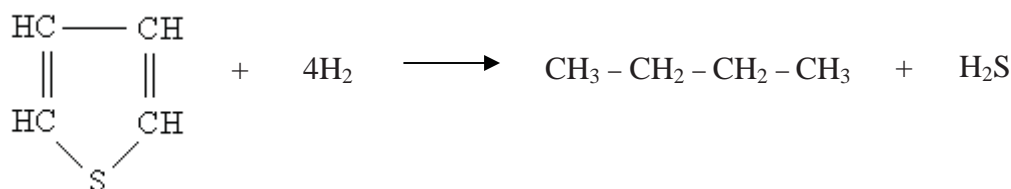
Mercaptanos: Compuestos fuertemente olorosos de carbono, hidrógeno y azufre que se encuentran en el gas y en el aceite.



Algunas veces se agregan al gas natural por razones de seguridad (dimetilsulfuro y terbutilmercaptano) que es industrialmente utilizado como odorante de L.P.G. o gas licuado de petróleo, es agregado para darle ese olor fuerte característico y detectar así posibles fugas: el gas licuado sin este producto es inodoro.



Tiofenos: Es un hidrocarburo constituido por cuatro átomos de Hidrógeno (H) y uno de Azufre (S) ligados a cuatro átomos de Carbono (C), formando un pentágono que puede considerarse, por tanto, una molécula cíclica, es un compuesto similar al pirrol y el furano que tienen como su heteroátomo, respectivamente, el oxígeno (O) y nitrógeno (N) en lugar de azufre. Debido a su estructura de anillar poseen un elemento distinto del carbono (el más común es el oxígeno, azufre, nitrógeno), los tiofenos son compuestos heterocíclicos. Su fórmula condensada es  $\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$ .



Aumentando la temperatura y la presión parcial del hidrógeno, aumenta la eliminación de azufre. Los catalizadores para la Hidrodesulfuración consisten en metales apoyados en una base de alúmina. El cobalto y molibdeno son los dos metales más utilizados como catalizadores.

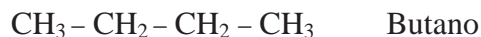
Algunos de los átomos de azufre unidos a las moléculas de hidrocarburo reaccionan con el hidrógeno en la superficie del catalizador para formar sulfuro de hidrógeno. Las fracciones de alto punto de ebullición, como los residuos de destilación al vacío, tienen alto contenido de azufre. La eliminación de compuestos de azufre se lleva a cabo en las refinerías por las siguientes razones:<sup>8</sup>

- Hacen disminuir la calidad de algunos productos refinados.
- Contaminan la atmósfera en forma de óxidos de azufre cuando se les quema.
- Causan corrosión en el equipo de procesamiento de la refinería.
- Envenenan los catalizadores empleados en algunos procesos de refinación.

#### 4.1.2.1 Hidrocarburos saturados ó parafinas

La familia más sencilla de este grupo es la de los alcanos que se caracteriza por la fórmula general ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ). Por su estructura los alcanos se denominan también hidrocarburos saturados. En este caso se trata de cadenas continuas de carbonos.<sup>5</sup>

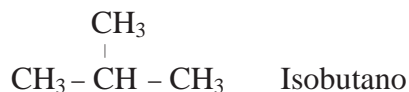
A manera de ilustración se presenta al butano, alcano de cuatro carbonos lineales.





#### 4.1.2.2 Isoparafinas

Las cadenas de hidrocarburos son ramificadas como se muestra a manera de ejemplo para el isobutano.<sup>5</sup>



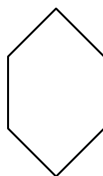
#### 4.1.2.3. Olefinas ó Alquenos

Contienen ligaduras de carbono dobles. Las olefinas no existen de forma natural en el petróleo crudo pero se forman durante el procesado. Son muy similares en la estructura a las parafinas pero como mínimo dos de los átomos de carbono están unidos por un doble enlace.<sup>5</sup>



#### 4.1.2.4 Cíclicos

Los hidrocarburos de este tipo, también llamados naftenos, son ciclos de carbonos como se puede observar en el caso del ciclohexano.<sup>5</sup>

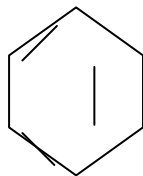


Ciclohexano

#### 4.1.2.5. Aromáticos

La serie aromática de hidrocarburos es muy diferente de las parafinas y naftenos. Los hidrocarburos aromáticos contienen un anillo bencénico.<sup>5</sup>

Benceno



### 4.2. DIESEL

Después de la Primera Guerra se propagó la utilización del diesel, debido a la escasez de gasolinas en Alemania y Europa en su conjunto. Así se crearon plantas motrices capaces de impulsar automotores, en especial de gran tamaño. En general, en los motores diesel, este combustible es inyectado directamente en el cilindro y quemado en la cámara de combustión.



Para el diesel el contenido de azufre es un parámetro importante, ya que con la presencia de altas concentraciones se manifiesta un desgaste de la máquina, principalmente en las paredes de la camisa del cilindro, en los asientos de las válvulas y en los anillos de compresión, lubricación y arrastre. A menor contenido de este elemento, el combustible es más limpio y menos contaminante.

#### 4.2.1. Obtención y Definición

El diesel es una mezcla compleja de hidrocarburos de 12 a 20 átomos de carbono compuesto principalmente de parafinas y aromáticos. Obtenido de la destilación de petróleo entre los 200 y 380°C. Opera en los motores diesel de encendido por compresión.<sup>11</sup>

El diesel está constituido principalmente por cadenas de hidrocarburos de tipo alifático, así como por cadenas de hidrocarburos de tipo aromático.<sup>2</sup>

#### Elaboración

A diferencia de la gasolina, los procesos de refinación para obtener el combustible diesel son solamente una porción alta de destilados provenientes de la destilación atmosférica con cantidades menores de fracciones obtenidas por desintegración catalítica.<sup>6</sup>

El primer proceso al que se somete el petróleo crudo en la refinería, es la destilación para separarlo en diferentes fracciones. Dentro de las Columnas de Destilación Fraccionada, los líquidos y los vapores se separan en fracciones de acuerdo a su peso molecular y temperatura de ebullición. Las fracciones más ligeras se vaporizan y suben hasta la parte superior de la columna de destilación donde se condensan.

Los líquidos medianamente pesados, como la querosina y la fracción diesel, se quedan en la parte media. Los líquidos más pesados y los gasóleos ligeros primarios, se separan más abajo, mientras que los más pesados en el fondo.

Las gasolinas contienen fracciones que ebulen aproximadamente a los 220°C mientras que en el caso del diesel sus fracciones tienen un límite de 380°C. Este último contiene moléculas de entre 12 y 20 átomos de carbono, mientras que los componentes de la gasolina se ubican en el orden de 5 a 9 átomos de carbono.

El combustible diesel, también se manufactura, en muchos casos a partir de aceite cíclico ligero, el cual es producto del proceso de desintegración catalítica fluida.

En un tiempo, la manufactura de diesel involucró utilizar lo que quedaba después de remover productos valiosos del petróleo. Hoy en día el proceso de fabricación del diesel es muy complejo ya que comprende escoger y mezclar diferentes fracciones de petróleo para cumplir con especificaciones precisas.<sup>27</sup>



## Usos

El combustible diesel tiene aplicaciones muy diversas entre las que se pueden citar: <sup>11</sup>

- Camiones de servicio ligero y pesado.
- Autobuses de servicio urbano y de pasajeros.
- Locomotoras.
- Propulsión de motores de embarcaciones.
- En maquinaria agrícola, industrial y de la industria de la construcción (trascabos, grúas, tractores, aplanadoras, entre otros).

En general, en cualquier actividad en donde se demande una máquina de potencia eficiente. Esto se debe a que es la máquina de combustión interna que más aprovecha la energía, así como la de mayor durabilidad y confiabilidad comparada con otras de su tipo.

## Procesos de Purificación

Actualmente, el proceso más usado para el mejoramiento de la calidad del diesel en lo relativo a su contenido de azufre es el Hidrotratamiento. El Hidrotratamiento, juega un papel importante en la industria de la refinación del petróleo crudo, ya que permite eliminar compuestos no deseables como el azufre, el nitrógeno y los hidrocarburos aromáticos presentes en las diferentes corrientes empleadas en la formulación de productos como el diesel. Así de esta manera, se logra la obtención de combustibles limpios o bien de cargas a procesos posteriores evitando el envenenamiento de los catalizadores usados. En este proceso se reduce el contenido de azufre y se eleva a niveles satisfactorios la calidad, a fin de obtener combustibles más limpios. Los combustibles diesel se desulfuran para reducir la contaminación por óxido de azufre y así mejorar la estabilidad.<sup>8</sup>

## Catalizadores

Los catalizadores están compuestos por dos partes: el soporte y los metales activos, los primeros son materiales cuya base son las alúminas. Los metales, son utilizados para hidrotratar las corrientes usadas en la formulación del diesel, estos son Molibdeno, Cobalto o Níquel. Actualmente, se busca incrementar la cantidad de metal base hasta niveles que van del 12 al 16% para el Molibdeno y el 4 a 6% para el Cobalto, éste último usado para eliminar azufre; mientras que el Níquel favorece la reducción del nitrógeno y presenta una eliminación moderada de azufre.<sup>32</sup>

### 4.3. ADITIVOS

Los aditivos son productos químicos que se añaden a los combustibles, con la finalidad de mantener y/o mejorar su calidad.

#### Aditivos para Gasolinas

Uno de ellos, el tetraetilo de plomo, se había venido utilizando para aumentar la calidad de combustión de la gasolina, sin embargo, el plomo es un metal muy tóxico, y la descarga constante de las emisiones de los automóviles a la atmósfera se ha convertido en un serio problema ambiental.<sup>9</sup>

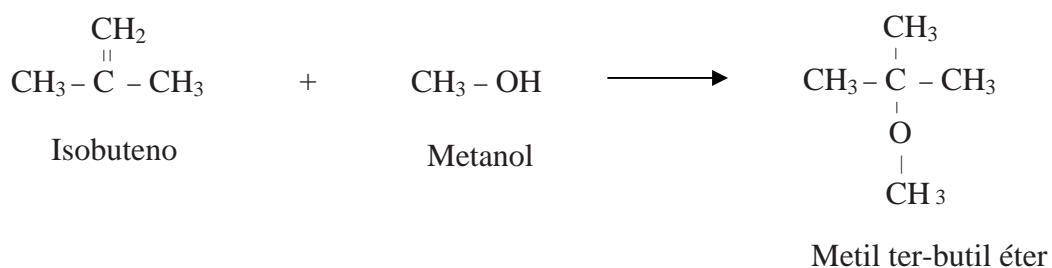


Con el propósito de reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados de los vehículos con motor a gasolina, se agregan a este combustible componentes que contienen oxígeno en su molécula, como es el caso de los éteres.<sup>26</sup> Los éteres se obtienen en las refinerías a partir del metanol, producido en los complejos petroquímicos, y de las olefinas ligeras producidas en los procesos de desintegración catalítica FCC.

Estos componentes se dosifican en la gasolina para obtener un contenido de oxígeno de 1 a 2% en peso y, en virtud de su alto número de octano, contribuyen al buen desempeño de este combustible en los motores. Los componentes oxigenados utilizados en la formulación de gasolinas son el MTBE (Metil ter-butil éter) y en menor grado el TAME (Ter-amil metil éter).<sup>26</sup> Para reducir la detonación, las gasolinas contienen una mayor proporción de hidrocarburos de cadena ramificada como el MTBE y el TAME. Estos productos impiden que la gasolina "explote" dentro de los cilindros del motor con demasiada rapidez.<sup>9</sup>

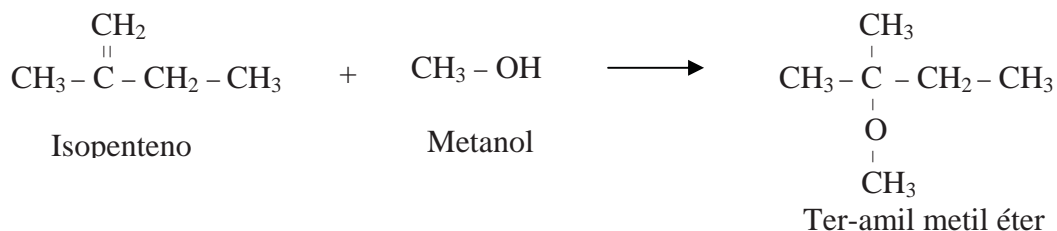
### Metil ter-butil éter (MTBE)

El MTBE cuando se agrega a la gasolina como aditivo, su función es la de un oxigenante, cuya finalidad sirve para aumentar el octanaje<sup>2</sup>, mejorar la calidad del aire reforzando la combustión y reduciendo emisiones de monóxido de carbono. El MTBE empleado en altas concentraciones puede aumentar el octano hasta en tres números. La síntesis del éter se realiza en las refinerías, mezclando el isobuteno con el metanol.<sup>5</sup> La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



### Ter-amil metil éter (TAME)

Utilizado como oxigenante y a raíz de la eliminación del plomo como incrementador de octano en las gasolinas, se tuvo la necesidad de buscar otros compuestos que cumplieran tal función y fue así como llegaron a formar parte de las gasolinas los compuestos oxigenados llamados TAME. Las olefinas C5 se hacen reaccionar con metanol, produciéndose así el Ter-amil metil éter conocido más comúnmente como TAME.<sup>26</sup> La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:





## Aditivos para Diesel

Los aditivos agregados al diesel han favorecido la prevención del desgaste de los componentes del motor, en el mejoramiento de sus propiedades de fluidez a baja temperatura en regiones con condiciones climatológicas adversas. Todo esto da como resultado final una operación eficiente de la máquina, y causa un mínimo impacto al medio ambiente.

Entre los aditivos empleados en los combustibles diesel se encuentran:

- Los que mejoran el índice de cétano, principalmente los nitratos de alquilo, y se usan para aumentar la calidad de ignición del combustible diesel. Influye en la facilidad de encendido y en la suavidad de marcha.
- Los aditivos detergentes, principalmente aditivos poliméricos, tienen la capacidad de mantener las toberas de inyección de combustible limpias e incrementar notablemente el tiempo de vida del filtro de combustible.<sup>8</sup>
- Aditivos depresores del punto de fluidez, en el cual varias sustancias poliméricas sustancial en el flujo a través de los sistemas de distribución.
- La reducción de azufre hace que sean menos contaminantes de por sí, y permiten el uso de catalizadores más sofisticados para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno. Sin embargo, esto también reduce las propiedades lubricantes del gasóleo, por lo que se tiene que añadir aditivos que mejoren su lubricidad.
- Los potenciadores de conductividad mejoran la conductividad eléctrica en el gas oíl y el diesel. Se usan para disipar cualquier carga eléctrica que se pueda acumular dentro del gas oíl o el diesel.

## 4.4 ESPECIFICACIONES PEMEX

La Agencia para la Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) está promoviendo el consumo de combustibles de ultra bajo azufre en los sectores ferroviario, marítimo y terrestre.

Desde el pasado junio de 2009 Estados Unidos cuenta con una nueva legislación al respecto que pretende rebajar los niveles de azufre que se registran en el país. En principio, la medida se aplicará sobre el transporte terrestre (2010) y, dos años más tarde, sobre los sectores restantes. Desde el año pasado, los consumidores estadounidenses pueden encontrar en las gasolineras diésel de ultra bajo azufre, combustible que no sólo beneficia al Medio Ambiente sino que también contribuye a evitar muertes prematuras al año y casos de enfermedades respiratorias como la bronquitis y el asma.

La EPA calcula que a lo largo de este año los vehículos funcionen con un 97 por ciento menos azufre, lo que se traducirá no solo en beneficios medioambientales sino también de salud pública con alrededor de 70.000 millones de dólares (cerca de 56.000 millones de euros) de 4.000 millones de dólares anuales (alrededor de 3.000 millones de euros) respectivamente.



En 2006, el Gobierno exigió a las refinerías e importadores de combustible producir diésel con 15 ppm de azufre, una cifra considerablemente inferior a los 500 ppm que contiene actualmente.

En estos momentos, el 90 por ciento del parque automovilístico de Estados Unidos cerca de 13 millones de camiones, autobuses y coches utiliza combustible diésel convencional.

La EPA calcula que, una vez que se haya extendido su uso a todas las gasolineras del país, se logrará la reducción de 2,6 millones de toneladas de óxidos de nitrógeno y 110.000 toneladas de materia particulada.

Por lo anterior mencionado es que la producción de combustibles a cargo de PEMEX actualmente produce en México los siguientes tipos de combustibles líquidos para automotores: PEMEX Premium, PEMEX Magna y PEMEX Diesel.

La gasolina **PEMEX Premium** de bajo azufre, de 92 octanos, con lo que se contribuye a abatir las emisiones contaminantes a la atmósfera en cumplimiento con las más estrictas normas ambientales.

**PEMEX Magna**, formulada para automóviles con convertidor catalítico, de 87 octanos. Es un producto con calidad internacional, que no contiene plomo y que ofrece alto rendimiento y protección al motor.

**PEMEX Diesel**, con bajo contenido de azufre y es una de las presentaciones de este producto que se maneja como combustible para los automotores diesel en el país.

Actualmente en el país se utilizan diferentes modalidades de cada producto, denominándolos de acuerdo a las diferentes zonas geográficas del país, variando cada uno de ellos de acuerdo a las necesidades geográficas y ambientales de cada zona, además de cumplir con los requerimientos establecidos en la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

Por lo tanto los productos utilizados emplean las siguientes especificaciones de acuerdo con sus características particulares y en común acuerdo con los países que se tienen acuerdos comerciales y que a su vez están regidos por las mismas normas establecidas tanto comercial y de medio ambiente, las cuales son las encargadas de observar el comportamiento de cada país.

Para que de esta forma sean auditaras de común acuerdo respetando los tratos establecidos previamente en cada una de las reuniones tanto comerciales, de cuidado al medio ambiente y de protección a la salud.

Por estas razones aunadas a las de la preocupación del desarrollo integral de la población se producen combustibles que cumplan con las más altas exigencias y calidad deseada para la mejor convivencia posible con el medio ambiente como se muestra a continuación en las siguientes tablas.<sup>33</sup>





**4.4.1<sup>(33)</sup> Especificaciones PEMEX Modalidades Magna Tabla Magna Zonas Metropolitanas Valle de México (ZMVM), Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMM)**

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99e2	Informar
Destilación El 10% destila a: El 50% destila a: El 90% destila a: Temperatura Final de Ebullición Residuo de la destilación	°C	D 86-03	70 Máx. 77-121 190 Máx. 225 Máx. 2 Máx.
Presión de Vapor	kPa lb / in <sup>2</sup>	D 4953-99a	45-54 6.5-7.8
Temp. Relación (V/L = 20)	°C	D 5188-99	
Prueba Doctor ó Azufre Mercaptánico	mg/kg (ppm)	D 4952-02 D 3227-04a	Negativa 20 Máx.
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1
Goma Preformada	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.04 Máx. 4.0 Máx.
Goma no lavadas	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.7 Máx. 7.0 Máx.
Periodo de Inducción	min.	D 525-05	300 Mín.
Número de Octano, RON Número de Octano, MON Índice de Octano, (R+M) / 2		D 2699-04a D 2700-04 <sup>a</sup> D 2699-04a D 2700-04a	Informar 82 Mín. 87 Mín.
Contenido de Fosforo	g/l	D 3231-99	0.001 Max.
Azufre Total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	ZMVM   ZMG   ZMM 80 Max.- 30Prom.
Benceno	% Vol.	D 3606-04a	1.0 Máx.
Aromáticos	% Vol.	D 1319-03	1.0 Máx.
Olefinas	% Vol.	D 1319-03	25.0 Max.   35 Max.
Oxigeno	% Peso.	D 4815-00(2005)	2.7Max.-1.0Min.
Oxigenados	% Vol.	D 4815-99	Informar
Color <sup>(3)</sup>		Visual	Rojo
Aditivo Detergente dispersante	mg / kg		Según el aditivo que se utilice



## (33) Especificaciones PEMEX Magna Tabla Magna Resto del País

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99e2	Informar
Destilación El 10% destila a: El 50% destila a: El 90% destila a: Temperatura Final de Ebullición Residuo de la destilación	°C	D 86-03	70 Máx. 77-121 190 Máx. 225 Máx. 2 Máx.
Presión de Vapor	kPa lb / in <sup>2</sup>	D 4953-99a	45-54 6.5-7.8
Temp. Relación (V/L = 20)	°C	D 5188-99	
Prueba Doctor ó Azufre Mercaptánico	mg/kg (ppm)	D 4952-02 D 3227-04a	Negativa 20 Máx.
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1
Goma Preformada	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.04 Máx. 4.0 Máx.
Goma no lavadas	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.7 Máx. 7.0 Máx.
Periodo de Inducción	min.	D 525-05	300 Mín.
Número de Octano, RON Número de Octano, MON Índice de Octano, (R+M) / 2		D 2699-04a D 2700-04 <sup>a</sup> D 2699-04a D 2700-04a	Informar 82 Mín. 87 Mín.
Contenido de Fosforo	g/l	D 3231-99	0.001 Max.
Azufre Total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	500 Máx. – 300 Prom.
Benceno	% Vol.	D 3606-04a	3.0 Máx.
Aromáticos	% Vol.	D 1319-03	Informar
Olefinas	% Vol.	D 1319-03	Informar
Oxigeno	% Vol.	D 4815-00(2005)	NO APLICA
Oxigenados	% Vol.	D 4815-99	Informar
Color <sup>(3)</sup>		Visual	Rojo
Aditivo Detergente dispersante	mg / kg		Según el aditivo que se utilice



**4.2<sup>(34)</sup> Especificaciones PEMEX Modalidades Premium, Tabla Premium**  
**Zonas Metropolitanas Valle de México (ZMVM), Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMM)**

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES		
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99e2	Informar		
Destilación El 10% destila a: El 50% destila a: El 90% destila a: Temperatura Final de Ebullición Residuo de la destilación	°C	D 86-03	70 Máx. 77-121 190 Máx. 225 Máx. 2 Máx.		
Presión de Vapor	kPa lb / in <sup>2</sup>	D 4953-99a	45-54 6.5-7.8		
Temp. Relación (V/L = 20)	°C	D 5188-99			
Prueba Doctor ó Azufre Mercaptánico	mg/kg (ppm)	D 4952-02 D 3227-04a	Negativa		
			20 Máx.		
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1		
Goma Preformada	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.04 Máx.		
			4.0 Máx.		
Goma no lavadas	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.7 Máx.		
			7.0 Máx.		
Periodo de Inducción	min.	D 525-05	300 Mín.		
Número de Octano, RON Número de Octano, MON Índice de Octano, (R+M) / 2		D 2699-04a D 2700-04 <sup>a</sup> D 2699-04a D 2700-04a	Informar 82 Mín. 87 Mín.		
Contenido de Fosforo	g/l	D 3231-99	0.001 Max.		
Azufre Total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	ZMVM	ZMG	ZMM
			80 Max.- 30 Prom.		
Benceno	% Vol.	D 3606-04a	1.0 Máx.		
Aromáticos	% Vol.	D 1319-03	25.0 Máx.	35 Max.	
Olefinas	% Vol.	D 1319-03	10.0 Max.	12.5 Max.	
Oxigeno	% Peso.	D 4815-00(2005)	2.7Max.-1.0Min.		
Oxigenados	% Vol.	D 4815-99	Informar		
Color <sup>(3)</sup>		Visual	Rojo		
Aditivo Detergente dispersante	mg / kg		Según el aditivo que se utilice		



## (34) Especificaciones PEMEX Premium

Tabla Premium Resto del País

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso Especifico a 20/4 °C		D 1298-99e2	Informar
Destilación El 10% destila a: El 50% destila a: El 90% destila a: Temperatura Final de Ebullición Residuo de la destilación	°C	D 86-03	70 Máx. 77-121 190 Máx. 225 Máx. 2 Máx.
Presión de Vapor	kPa lb / in <sup>2</sup>	D 4953-99a	45-54 6.5-7.8
Temp. Relación (V/L = 20)	°C	D 5188-99	
Prueba Doctor ó Azufre Mercaptánico	mg/kg (ppm)	D 4952-02 D 3227-04a	Negativa 20 Máx.
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1
Goma Preformada	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.04 Máx. 4.0 Máx.
Goma no lavadas	kg / m <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	D 381-04	0.7 Máx. 7.0 Máx.
Periodo de Inducción	min.	D 525-05	300 Mín.
Número de Octano, RON Número de Octano, MON Índice de Octano, (R+M) / 2		D 2699-04a D 2700-04 <sup>a</sup> D 2699-04a D 2700-04a	Informar 82 Mín. 87 Mín.
Contenido de Fosforo	g/l	D 3231-99	0.001 Max.
Azufre Total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	300 Máx.- 250 Prom.
Benceno	% Vol.	D 3606-04a	2.0 Máx.
Aromáticos	% Vol.	D 1319-03	35 Max.
Olefinas	% Vol.	D 1319-03	15Max.
Oxigeno	% Vol.	D 4815-00(2005)	2.7 Max.
Oxigenados	% Vol.	D 4815-99	Informar
Color <sup>(3)</sup>		Visual	Rojo
Aditivo Detergente dispersante	mg / kg		Según el aditivo que se utilice

**4.4.3 <sup>(35)</sup> Especificaciones PEMEX Modalidades Diesel****Diesel Resto del País**

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99	Informar
Destilación El 10% destila a:  El 50% destila a:  El 90% destila a:  Temperatura Final de Ebullición	°C	D 086-05	275 Máx.  Informar  345 Máx.
Temperatura de Inflamación	°C	D 93-02a	45 Mín.
Temperatura de Escurrimiento	°C	D 97-05a	
Temperatura de Nublamiento	°C	D 2500-05	Informar
Número de Cétano ó Índice de Cétano	---	D 613-05 D 976-04be1	48 Mín.
Azufre total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	500 Máx.
Aromáticos	% Vol.	D 1319-02a	30.0 Máx.
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1
Carbón Rambottom (en 10% del residuo)	% peso	D 524-00	0.25 Máx.
Agua y Sedimento	% vol.	D 2709-96(2001)	0.05 Máx.
Viscosidad Cinemática	mm <sup>2</sup> / s	D 445-04e2	1.9-4.1
Cenizas	% peso	D 482-02	0.01 Máx.
Color		D 1500-98	2.5 Máx.
Lubricidad	micrones	HFRR Test (ISO 1256)	520 Max.
HAPS	% vol.		Informar

(35) **Especificaciones PEMEX Diesel****Tabla Diesel Zonas Metropolitanas****Valle de México (ZMVM), Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMM)**

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES		
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99	Informar		
Destilación El 10% destila a: El 50% destila a: El 90% destila a: Temperatura Final de Ebullición	°C	D 086-05	275 Máx. Informar 345 Máx.		
Temperatura de Inflamación	°C	D 93-02a	45 Mín.		
Temperatura de Escurrimiento	°C	D 97-05a			
Temperatura de Nublamiento	°C	D 2500-05	Informar		
Número de Cétano ó Índice de Cétano	---	D 613-05 D 976-04be1	<b>ZMVM</b>	<b>ZMG</b>	<b>ZMM</b>
			48 Mín.		
Azufre total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	300 Máx.		
Aromáticos	% Vol.	D 1319-02a	30.0 Máx.		
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1		
Carbón Rambottom (en 10% del residuo)	% peso	D 524-00	0.25 Máx.		
Agua y Sedimento	% vol.	D 2709-96(2001)	0.05 Máx.		
Viscosidad Cinemática	mm <sup>2</sup> / s	D 445-04e2	1.9-4.1		
Cenizas	% peso	D 482-02	0.01 Máx.		
Color ASTM		D 1500-98	2.5 Máx.		
Lubricidad	micrones	HFRR Test (ISO 1256)	520 Max.		
HAPS	% vol.		Informar		

(35) **Especificaciones PEMEX Diesel****Zona Fronteriza Norte (ZFN)**

PRUEBA	UNIDADES	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso Específico a 20/4 °C		D 1298-99	Informar
Destilación El 10% destila a:  El 50% destila a:  El 90% destila a:  Temperatura Final de Ebullición	°C	D 086-05	275 Máx.  Informar  345 Máx.
Temperatura de Inflamación	°C	D 93-02a	45 Mín.
Temperatura de Escurrimiento	°C	D 97-05a	
Temperatura de Nublamiento	°C	D 2500-05	Informar
Número de Cétano ó Índice de Cétano	---	D 613-05 D 976-04be1	<b>ZFN</b> 48 Mín.
Azufre total	mg / kg (ppm)	D 4294-03 D 5453-05	15 Máx.
Aromáticos	% Vol.	D 1319-02a	30.0 Máx.
Corrosión al Cu, 3h a 50 °C		D 0130-04	STD 1
Carbón Rambottom (en 10% del residuo)	% peso	D 524-00	0.25 Máx.
Agua y Sedimento	% vol.	D 2709-96(2001)	0.05 Máx.
Viscosidad Cinemática	mm <sup>2</sup> / s	D 445-04e2	1.9-4.1
Cenizas	% peso	D 482-02	0.01 Máx.
Color ASTM		D 1500-98	2.5 Máx.
Lubricidad	micrones	HFRR Test (ISO 1256)	520 Max.
HAPS	% vol.		Informar

**TABLA 4.5<sup>(43)</sup> - ESPECIFICACIONES DE PRESIÓN DE VAPOR Y TEMPERATURAS DE DESTILACIÓN DE LAS GASOLINAS, SEGÚN LA CLASE DE VOLATILIDAD**

DESTILACIÓN DE LAS GASOLINAS, SEGÚN LA CLASE DE VOLATILIDAD					
Propiedad	Unidad	CLASE DE VOLATILIDAD <sup>(1)</sup>			
		AA	A	B	C
Presión de Vapor Reid <sup>(2)</sup>	kPa	45 a 54	54 a 62	62 a 69	69 a 79
	(lb/pulg <sup>2</sup> )	(6.5 a 7.8)	(7.8 a 9.0)	(9 a 10.0)	(10 a 11.5)
Temperatura máxima de destilación del 10%	°C <sup>(3)</sup>	70	70	65	60
Temperatura de destilación del 50%	°C	77 a 121	77 a 121	77 a 118	77 a 116
Temperatura máxima de destilación del 90%	°C	190	190	190	185
Temperatura máxima de ebullición final	°C	225	225	225	225
Residuo de la destilación, valor máximo	%vol.	2	2	2	2

**TABLA 4.6<sup>(43)</sup> – CLASE DE VOLATILIDAD DE LAS GASOLINAS DE ACUERDO A LAS ZONAS GEOGRÁFICAS Y A LA EPOCA DEL AÑO<sup>(1)</sup>**

MES	Noreste	Centro-Noreste	Sureste	Bajo	Pacífico				Centro	ZMVM y Guadalajara	Monterrey
					Z1	Z2	Z3	Z4			
Enero	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Febrero	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Marzo	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-2	B
Abril	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-2	B
Mayo	B-2	B	A	B	A	B	B	B	B	AA-2	B
Junio	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-2	B
Julio	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-3	B
Agosto	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-3	B
Septiembre	B-2	B	A	B	A	A	A	A	B	AA-3	B
Octubre	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-3	C
Noviembre	C-3	B	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Diciembre	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C

En esta Tabla, A debe leerse como A-1, B como B-2, C como C-3, tal como se indica para la zona Noreste.



**TABLA 4.7<sup>(43)</sup>- ESPECIFICACIONES DE LA TURBOSINA.**

	Unidad	Método de prueba ASTM	Especificación
Peso específico a 20°C Gravedad específica	kg/l ° API	D 1298-99e D 4052-96(2002)e1 D 287-92(2000)	0.772 a 0.837 37 a 51
Apariencia Temp. de destilación del 10% Temp. de destilación del 50 % Temp. de destilación del 90 % Temperatura final de ebullición Residuo de la destilación Pérdida de la destilación	°C % vol.	Visual Destilación de productos de petróleo	205 máximo informar informar 300 máximo 1.5 máximo 1.5 máximo
Temperatura de inflamación <sup>(1)</sup>	°C	056-05	38 mínimo
Temperatura de congelación	°C	D 2386-05	-47 máximo
Valor calorífico <sup>(2)</sup>	Mj/kg	D 4809-95	42.8 mínimo (equivale a 18,400 BTU/lb)
Acidez total Aromáticos	mg KOH/g	D 3242-98 D 1319-03	0.1 máximo 25 máximo
Azufre total	ppm <sub>P</sub>	D 4294-03 D 5453-05	3000 máximo
Azufre Mercaptánico <sup>(3)</sup> o	ppm <sub>P</sub>	D 3227-04a	30 máximo
Prueba Doctor		D 4952-02	negativa
Viscosidad cinemática a -20 °C	cSt	0445-04e2	8 máximo
Estabilidad térmica <sup>(4)</sup> : Caída de presión Depósitos en tubo precalentador,	kPa (mm Hg)	0445-04e2	3.3 (25) máximo
Aditivos: Inhibidor antioxidante <sup>(5)</sup> Deactivador metálico <sup>(6)</sup>	mg/l		24 máximo 5.7 máximo
Punto de humo ó	mm		25 mínimo
Punto de humo y Naftalenos <sup>(7)</sup>	mm,vol		20 mínimo y 3 máx.
Partículas contaminantes	mg/l	D 1322-97(2002) D 1840-03 D 2276-00	0.8 máximo
Corrosión al Cu, 2 horas a 100°C	-	0130-04	Estándar 1, máximo
Goma preformada	mg/l	0381-04 D 1094-00	70 máximo 2 máximo 1-b máximo
Índice modificado de separación de agua		D 3948-04	90 mínimo

**TABLA 4.8** <sup>(43)</sup>- **ESPECIFICACIONES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GAS LP)**

Propiedad	Unidad	Método de Prueba	Resto del País <sup>(1)</sup>	ZMVM
Presión de vapor en exceso a la atmosférica a 37.8°C	kPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	D 1267-02	551 (80) mínimo 1379 (200) máx.	896 (130) mín. 1379 (200) máx.
Temperatura máxima de destilación del 95%	°C	D 1837-02a	2	2
Etano	% vol.	D 2163-91(96)	2 máximo	2 máximo
Propano			–	60 mínimo
n-butano + iso-butano			–	40 máximo
Pentano y más pesados			2 máximo	2 máximo
Olefinas totales			–	2 máx.
Residuo de la evaporación de 100 ml	ml	D 2158-04	0.05 máximo	0.05 máximo
Peso específico a 15.6°C	kg/dm <sup>3</sup>	D 1657-02 D 2598-02	informar	0.504 a 0.54
Corrosión de placa de cobre, 1 hora a 37.8°C		D 1838-05	Estándar no. 1 máximo	Estándar no. 1 máximo
Azufre total	ppm (en peso)	D 4468-85(2000)	140 máximo	140 máximo
Agua libre	–	D 2713-91	Nada	Nada

**OBSERVACIONES: (1)** Para esta tabla únicamente, se considera Resto del País toda la extensión territorial nacional excluyendo la ZMVM.



## CAPITULO V            NORMATIVIDAD

Los vehículos automotores son parte importante de la fuente de contaminación del aire. Los vehículos al utilizar combustibles fósiles generan contaminantes cuya emisión produce deterioro en la calidad del aire, lo cual hace necesario mejorar la calidad de los combustibles. Las tendencias en cuanto a la calidad de la gasolina y diesel, está orientada hacia la elaboración de combustibles cuyas características permitan disminuir los niveles de emisiones de contaminación.

El mejorar la calidad del aire, no es imposible, reducir hasta decir que es mínima la contaminación generada por el sector transporte, y eliminar la mayor cantidad de azufre posible de los combustibles. El azufre es por sí mismo un contaminante, pero más importante aún es que esté impide la adopción de las principales tecnologías para el control de la contaminación. En el presente capítulo se mencionan diversas estrategias, las cuales a partir de leyes y normas establecidas adoptadas y actualizadas para la reducción de emisiones que son generadas por transporte en general (autobuses, automóviles etc.) con lo cual, se espera una disminución en los contaminantes emitidos a la atmósfera, entre las que se encuentran la NOM-086, NOM-042, NOM-148, NOM-PA-007 por mencionar solo algunas.

Se menciona la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, relacionada con las especificaciones que deben cumplir los combustibles fósiles que se comercializan en el país. A su vez plantea reducir el máximo de contenido de azufre en gasolinas y diesel. La norma entrará en vigor gradualmente: por lo que ya existe un calendario adecuado a una planeación estratégica de posición de abastecimiento y cambio de tecnología. También se presenta la Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión que deben cumplir los vehículos automotores nuevos que se comercializan.

### 5.1 Legislación Ambiental en Materia de Aire

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**<sup>38</sup>

Párrafo quinto del **Artículo 4o.** de la Constitución. Hace poco tiempo (2006) se adicionó este párrafo que textualmente expresa lo siguiente:

"Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar".

Conforme a lo que dispone el **Artículo 73 fracción XXIX-G** de la Constitución se dispone lo siguiente: El Congreso tiene facultad: "Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico".

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**<sup>39</sup>

La LGEEPA es el principal ordenamiento jurídico en materia de protección del ambiente en México. Conforme a lo que dispone el **Artículo 15 fracción XII** de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se tiene lo siguiente:



Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará el siguiente principio:

“Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de ésta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho.”

#### ● **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT es la dependencia de gobierno que tiene como propósito fundamental, constituir una política de Estado de protección ambiental, que revierta las tendencias del deterioro ecológico y sienta las bases para un desarrollo sustentable en el país.

Una política nacional de protección ambiental orientada a responder a la creciente expectativa nacional de proteger nuestros recursos naturales, e incidir en las causas que originan la contaminación, la pérdida de ecosistemas y de la biodiversidad. Una política nacional acorde con la nueva etapa de convivencia que caracteriza al país, donde el tema ambiental surge de manera importante y prioritaria para todos: la sociedad civil, las organizaciones sociales, las empresas y el gobierno, que ven los peligros que entraña la falta de cuidado del medio ambiente y la importancia que tiene éste para preservar y mejorar la calidad de vida de todos los mexicanos.

### **5.2 Normatividad Mexicana**<sup>40</sup>

La Zona Metropolitana del Valle de México y el país en general han presenciado cambios substanciales en su entorno urbano, ambiental y económico desde fines de los años ochenta hasta la actualidad. La dinámica de los escenarios actuales metropolitanos incorpora nuevas variables en materia de vehículos, transporte público, combustibles y calidad del aire.

A pesar de los severos problemas de calidad del aire en la ZMVM que se manifestaron desde fines de los años setenta, no fue sino hasta los últimos años de la década de los ochenta que se empezó a construir una infraestructura normativa y regulatoria para combatirla. En esos años se definen las llamadas Normas Ecológicas de emisiones para vehículos nuevos y en circulación. A partir de la creación de la Ley de Metrología y Normalización estas normas se convirtieron en Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

#### **5.2.2 Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999**

La Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de los hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismos, cuyo peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kilogramos.<sup>41</sup>

**Especificaciones:**

Los límites máximos permisibles de emisión están establecidos en las Tablas 5.1 y 5.2 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tipo de vehículo	Año-modelo	HCT g/Km	HCNM (1) g/Km	CO g/Km	NOx g/Km	HCev (2) g/prueba
VP	1999-2000	0.25		2.11	0.62	2.0
	2001 y posteriores		0.156	2.11	0.25	2.0
CL1 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	2.0
	2001 y posteriores		0.156	2.11	0.25	2.0
CL2 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	2.0
	2001 y posteriores		0.20	2.74	0.44	2.0
CL3 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	2.0
	2001 y posteriores		0.20	2.74	0.44	2.0
CL4 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	2.0
	2001 y posteriores		0.24	3.11	0.68	2.0

Tabla<sup>(26)</sup> 5.2.2 Límites Máximos Permisibles de Emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas natural, gas L.P.

Para vehículos que utilizan gas natural y gas L.P., se aceptará el certificado de origen en tanto no se cuente con las instalaciones adecuadas para medición de HCev en nuestro país.

Tipo de vehículo	Año-modelo	HCT g/Km	HCNM (1) g/Km	CO g/Km	NOx g/Km	PS g/prueba
VP	1999-2000	0.25		2.11	0.62	0.07
	2001 y posteriores		0.156	2.11	0.62	0.07
CL1 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	0.07
	2001 y posteriores		0.156	2.11	0.62	7
CL2 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	0.07
	2001 y posteriores		0.2	2.74	0.62	0.07
CL3 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	0.07
	2001 y posteriores		0.2	2.74	0.62	0.07
CL4 y VU	1999-2000	0.63		8.75	1.44	0.1
	2001 y posteriores		0.24	3.11	0.62	0.1

Tabla 5.2.2<sup>a(26)</sup> Límites Máximos Permisibles de Emisión para vehículos que utilizan diesel.

(1) A partir del año modelo 2001 se medirán HCNM en vez de HCT.

**DEFINICIONES**

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana los vehículos automotores se definen y clasifican de la siguiente manera:



- **Vehículo de pasajeros (VP)**

Automóvil, o su derivado, excepto el vehículo de uso múltiple o utilitario y remolque, diseñado para el transporte de hasta 10 personas.

- **Camiones ligeros (CL1)**

Camiones ligeros (grupo uno) cuyo peso bruto vehicular (PBV) es de hasta 2,722 kg. Y con peso de prueba (PP) de hasta 1,701 kg.

- **Camiones ligeros (CL2)**

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.

- **Camiones ligeros (CL3)**

Camiones ligeros (grupo tres) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg. Y hasta 3,856 kg. Y con peso de prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.

- **Camiones ligeros (CL4)**

Camiones ligeros (grupo cuatro) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg. Y hasta 3,856 kg. Y con peso de prueba (PP1) mayor de 2,608 kg. Y hasta 3,856 kg.

- **Vehículo de uso múltiple o utilitario (VU)**

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.

**Gases, los que se enumeran a continuación:**

- Hidrocarburos evaporados no quemados (Hcev).
- Hidrocarburos totales (HCT).
- Mezcla de hidrocarburos que excluye al metano (HCNM).
- Monóxido de Carbono (CO).
- Óxidos de Nitrógeno (NOx).
- Partículas suspendidas (PS).

- **Peso Bruto Vehicular (PBV)**

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

- **Peso Prueba (PP)**

El peso del vehículo con el tanque de combustible lleno, más 136 kilogramos.

- **Peso Prueba (PP1)**

El peso del vehículo con el tanque de combustible lleno, más el peso bruto vehicular entre 2.

### 5.2.3 Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las especificaciones sobre protección ambiental que deben cumplir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se comercializan en el país. En esta norma se establecen los parámetros de composición y características que deben cumplir los combustibles que se distribuyen a nivel nacional, de tal forma que sean los idóneos para la protección y mejora del medio ambiente.<sup>42</sup>

En particular se establecen las especificaciones de las gasolinas y diesel que se consumen en los vehículos automotores en cada una de las zonas geográficas establecidas de acuerdo a las necesidades de presión y volatilidad respectivamente. Esta norma expone un calendario en el cual se establece como parámetro de composición y característica de reducción al azufre con lo que deben cumplir los combustibles que se distribuyen a nivel nacional, de tal forma que sean los parámetros idóneos para la protección y mejora del medio ambiente.

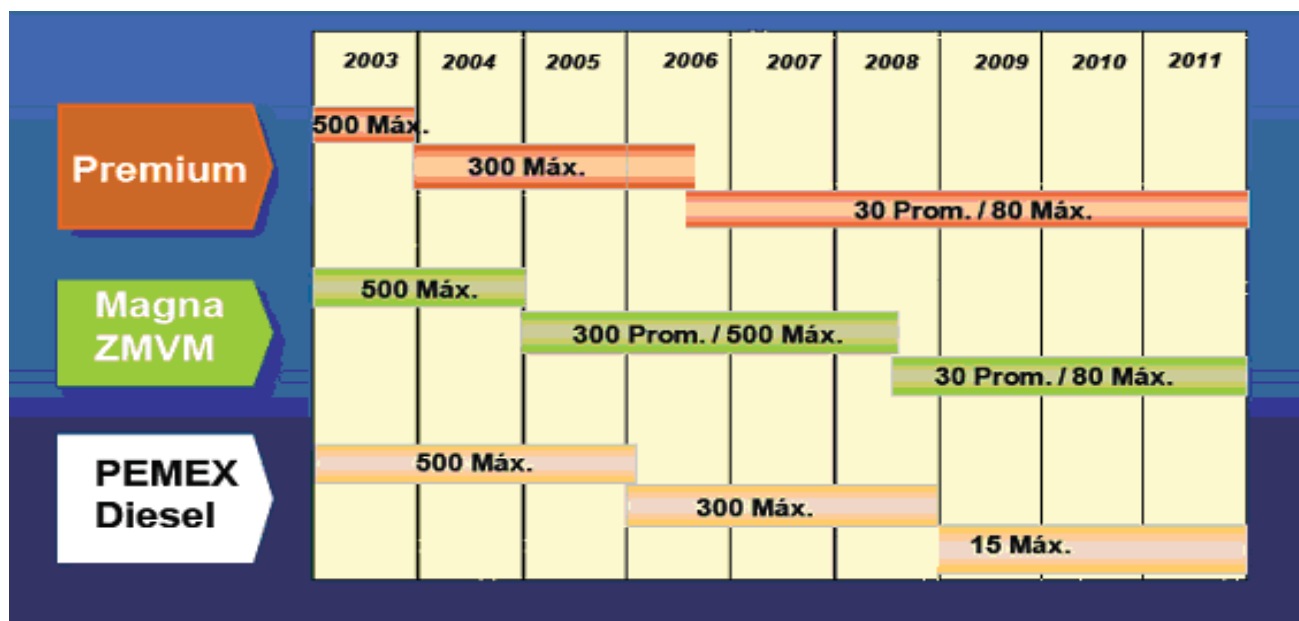


Gráfico. 5.2.3<sup>(31)</sup> Reducción general de Azufre en Combustibles Mexicanos

### 5.3 Normatividad en Estados Unidos TIER 1, TIER 2 y vehículos de bajas emisiones.

La EPA (Environmental Protection Agency) establece estándares de emisiones de escape para vehículos en planta de Estados Unidos. Haciendo una breve reseña histórica, las primeras acciones para controlar las emisiones vehiculares surgieron en 1970 en Estados Unidos con la aprobación del llamado “Decreto de Aire Limpio”, bajo el cual entraron en vigencia en 1975 las regulaciones que limitaban las emisiones de CO, los HC y los NOx.

Para este último contaminante, se obligaba a los fabricantes de autos a producir vehículos capaces de no descargar más de 3.1 gramos por milla (1.61km) recorrida, sin hacer distinción entre autos de pasajeros y camiones.



En 1994 se crea la norma llamada TIER 1 (Time of Implementation for Emisión Regulations), bajo la cual, los fabricantes deben a partir de entonces producir autos que sean capaces de ser utilizados hasta cierto kilometraje. Con la garantía de que durante un período de tiempo establecido no descarguen más de una cierta cantidad estipulada de contaminantes.

Cabe mencionar que las empresas automotrices estadounidenses voluntariamente se están sumando al proyecto de vehículos de bajas emisiones (Low Emissions Vehicles o **LEV**), surgido en California (CAL LEV) por acuerdo de las empresas automotrices y autoridades de ese estado. Los parámetros del Low Emission Vehicles son todavía más exigentes que los establecidos en el Tier 1 y se cumplen vía un programa intermedio de transición (Transitional Low Emission Vehicles, **TLEV**).

A través de la adhesión de la mayor parte de las empresas automotrices a este programa voluntario se espera abatir significativamente la contaminación atmosférica de esa nación, y armonizar los parámetros de fabricación de motores en California y el resto del país disminuyendo costos de manufactura, diseño y control. En el contexto del LEV, existe ya definición para parámetros de un programa voluntario aún más riguroso, conocido como Ultra Low Emission Vehicles (**ULEV**), el cual se aplica ya en California.<sup>40</sup>

La norma TIER 2 que se está introduciendo actualmente en los Estados Unidos reducirá las emisiones de NOx en aproximadamente 80 por ciento por debajo de las normas TIER I

#### 5.4 Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape de automóviles de pasajeros

Para la legislación estadounidense sólo se muestran los límites de los primeros 5 años u 80 mil km (50 mil millas). Los máximos permisibles establecidos para camionetas y camiones ligeros de hasta 3,825kg de peso entre la normatividad mexicana y norteamericana difieren significativamente. En este caso la NOM 042 es considerablemente más laxa que TIER 1 y desde luego que TIER 2. En hidrocarburos la diferencia es de 0.13 gr/km, pero en monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno la NOM 042 permite emitir más del doble de estos contaminantes con respecto a TIER 1 y tiene valores superiores de emisión en varios órdenes de magnitud a TIER 2. (Tabla 6.6)

VEHÍCULOS NUEVOS; Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape de automóviles de pasajeros (gramos/km)

País	Norma	THC	CO	NOx
México	NOM 042	0.25	2.11	0.62
Estados Unidos	Tier I	0.25	2.11	0.25
	TLEV	0.25	2.11	0.25
	LEV	0.25	2.11	0.12
	ULEV	0.25	1.05	0.12
	Tier II	0.25	2.11	0.06

Tabla 5.4<sup>(26)</sup>





### 5.4.1 Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape vehículos (camionetas y camiones ligeros)

Para la legislación estadounidense sólo se muestran los límites de los primeros 5 años u 80 mil km (50 mil millas)

#### VEHÍCULOS NUEVOS

Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape vehículos de hasta 3,825 kg de peso bruto vehicular (camionetas y camiones ligeros) (gramos/km)

País	Norma	THC	CO	NOx
México	NOM 042	0.63	8.75	1.44
Estados Unidos	Tier I	0.50	3.10	0.68
	Tier II	0.50	2.11	0.062

Tabla 5.4.1 <sup>(26)</sup>

### 5.4.2 Norma oficial mexicana NOM-PA-CCAT-007/93

En dicho Acuerdo se permitió la importación definitiva de los vehículos y motores, siempre que éstos ostentaran las especificaciones contenidas en las normas de la EPA denominadas EPA 98 y EPA 2004 o en las normas europeas EURO III y EURO IV;

Que en el año 2006 con la entrada en vigor de la NOM-044-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores **nuevos** que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores **nuevos** con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos; así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor del antes mencionado, equipadas con este tipo de motores, se continuó orientando hacia vehículos y motores fabricados con tecnologías ambientalmente más limpias.

Que los vehículos **importados** bajo las disposiciones anteriormente indicadas y que actualmente son vehículos usados en circulación dentro del territorio nacional, están cumpliendo ya con estas tecnologías, por lo cual el ingreso indiscriminado, vía importación, de vehículos pesados usados a territorio nacional, puede propiciar que se incorporen al parque vehicular en circulación automotores que no hayan sido fabricados con tecnologías ambientalmente adecuadas que armonicen con las dispuestas a nivel nacional.

Que en fechas recientes a nivel internacional, particularmente en los Estados Unidos de América, se han iniciado acciones tendentes a hacer más estrictos los límites máximos permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera, lo que traerá como consecuencia la adecuación en las tecnologías de fabricación de vehículos automotores, tornando a las tecnologías desarrolladas bajo las normas EPA 2004 y EURO IV, como las más adecuadas ambientalmente en el momento presente.



Que de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 904.2 en relación con los diversos 907.1.d y 907.2 y 2101 todos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte; 5, inciso k) del Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea.

El Acuerdo de Asociación Económica entre los Estados Unidos Mexicanos y Japón y los artículos 3-17.2 y 15-05 del Tratado de Libre Comercio entre los Estados Unidos Mexicanos y las Repúblicas de El Salvador, Guatemala y Honduras -Triángulo Norte- se podrán establecer medidas que se consideren apropiadas para lograr sus objetivos legítimos en materia de protección del medio ambiente.

ACUERDO POR EL QUE SE DAN A CONOCER LAS CONDICIONES AMBIENTALES A QUE SE SUJETARA LA IMPORTACION DE VEHICULOS USADOS EQUIPADOS CON MOTOR A DIESEL Y CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR A 3,857 KILOGRAMOS

ARTICULO UNICO.- Para garantizar la protección al medio ambiente y la reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera, los vehículos automotores usados equipados con motor a diesel y con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, que se clasifiquen en las fracciones arancelarias 8701.20.02, 8704.22.07 y 8704.23.02 conforme a la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación, podrán importarse de manera definitiva a territorio nacional, siempre que su año-modelo corresponda a 2004 y siguientes.

Lo anterior, sin perjuicio del cumplimiento de las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables para la importación definitiva, así como de aquellas que deban acatarse para su circulación dentro del territorio nacional.

### 5.5 Evaluación Comparativa de la Normatividad entre México y Estados Unidos <sup>40</sup>

A pesar de los estudios y avances realizados en los últimos años, las normas mexicanas presentan rezagos muy importantes en relación con las normas en materia ambiental norteamericanas, las cuales en especial el estado de California marca las tendencias sobre las mismas. No es raro que este estado marque la pauta ya que el mercado comercial de automóviles es muy grande y por lo tanto deben ser muy estrictas sus especificaciones. En 1994 se aprobaron en México límites de emisión de contaminantes para los autos nuevos similares a los adoptados en los Estados Unidos (en 1981), lo que significaba un retraso tecnológico de 13 años.

A partir de 1999 se comercializan en México vehículos nuevos cuyos sistemas de control de emisiones cumplen con normas técnicas denominadas TIER 1, y que son equivalentes a las que se tenían en Estados Unidos en 1994, con lo que se cerraba la brecha de 13 a 5 años creada a partir de 1994, esto aun marcaba una brecha considerable de atraso en las especificaciones mexicanas ya que se permitió que estas no tuvieran una renovación constante. A finales del año 2000, la Comisión Ambiental Metropolitana firmó un acuerdo con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz para garantizar que, en el futuro, no podrá haber un desfase mayor a dos años para la introducción de las nuevas tecnologías vehiculares en México.



Con lo cual de alguna forma se exigía a las armadoras existentes en el país no introducirán automóviles con tecnología obsoleta y de esta manera renovar el parque vehicular existente.

Uno de los rezagos que se destaca es el siguiente:

● **Niveles de emisión de gases contaminantes**

Los estándares establecidos en las normas son más laxos. En las Tablas 5.4 y 5.4.1, se pueden observar las diferencias entre los niveles máximos permisibles (expresados en gramos por kilómetro para facilitar la comparación) de la Norma Oficial Mexicana NOM 042 para vehículos nuevos, la norma TIER 1, los programas voluntarios y la norma TIER 2 de Estados Unidos. En lo que se refiere a automóviles, los límites de la NOM 042 son iguales a los de TIER 1 para hidrocarburos y monóxido de carbono, no así para los óxidos de nitrógeno, donde esta norma permite emitir casi tres veces más.

Los máximos permisibles de este último contaminante también difieren de los otros programas voluntarios norteamericanos, hasta en un orden de magnitud de 10 veces más (TIER 2). Destacan los límites de monóxido de carbono de ULEV y de NO<sub>x</sub> de TIER 2, mucho más estrictos que los de la NOM 042.

<b>NORMA</b>	<b>ATIENDE</b>	<b>REGULA</b>
<b>NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005</b>	Las especificaciones de la calidad de los Combustibles fósiles	Las especificaciones sobre protección ambiental que se deben cumplir. Siendo de observancia obligatoria para los responsables de producir e importar tales combustibles que se comercializan en el país.
<b>NOM-042-ECOL-1999</b>	Límites máximos de Hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas	Límites máximos permisibles de emisión provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, y del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel
<b>Norma Tier I y Tier II</b>	Vehículos livianos, medianos y comerciales	Los niveles de emisión producto de la combustión de los motores en vehículos de distinto tamaño, combustible y uso.
<b>NOM-CCAT-007-ECOL/1993</b>	Vehículos con motores que usan diesel como combustible, y que se utilizan para la propulsión de automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos	Los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape

Tabla 5.5 Descripción de normas



## 5.6 Externalidades (Salud)

El significado de externalidad es: Las acciones de un agente económico afectan a otro directamente y no a través del sistema de precios. Pueden ser negativas o positivas. Una externalidad negativa surge cuando una acción concreta perjudica a terceros o al medio ambiente, pero no se compensa.

Cualquier acción destinada para proteger a la población del impacto del cambio climático tendrá que abarcar intervenciones del sector formal de la salud, como actividades de lucha contra enfermedades tropicales desatendidas y prestación de atención primaria de salud, medidas para mejorar los determinantes ambientales y sociales de la salud, que van desde garantizar el acceso a agua salubre y servicios de saneamiento hasta mejorar el bienestar de las mujeres.

Un elemento común debe ser la preocupación por garantizar la equidad y conceder prioridad a la seguridad sanitaria de los grupos especialmente vulnerables. El cambio climático pone en riesgo los determinantes básicos de la salud afectará inevitablemente a necesidades básicas para el mantenimiento de la misma: aire y agua limpias, alimentos suficientes y abrigo adecuado.

Cada año mueren unas 800 000 personas por causas atribuibles a la contaminación del aire en las ciudades, 1,8 millones como consecuencia de diarreas asociadas a falta de higiene y de acceso a un abastecimiento de agua limpia y saneamiento, 3,5 millones por problemas de malnutrición y unas 60 000 por causa de desastres naturales.<sup>44</sup>

Para México es indispensable alcanzar un acuerdo internacional que permita reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y estabilizarlas en 450 partículas por millón (ppm) hacia el 2050, ya que si la temperatura media del planeta llegara a superar los dos grados centígrados, los impactos del Cambio Climático representarán para nuestro país un costo cercano a los cuatro puntos porcentuales del Producto Interno Bruto (PIB).<sup>42</sup>

El clima global es un bien público y por tanto, el cambio climático, desde una óptica económica, Representa la mayor externalidad negativa global (Stern, 2007) y dada su magnitud, determinará en gran medida las características y condiciones del desarrollo económico en este siglo.

Los impactos y los procesos de adaptación esperados serán, sin duda, impresionantes y crecientes a lo largo del siglo en diversas actividades económicas tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, el cambio de uso de suelo, la biodiversidad, el turismo, la infraestructura y la salud de la población.<sup>42</sup>

Para esto es necesario incorporar en las políticas públicas y del sector privado los esfuerzos de mitigación que permitan propiciar una sana adaptación al calentamiento global. Se requerirá transformar los sistemas de producción, distribución y consumo, con el propósito de reducir la vulnerabilidad económica y social de dicho fenómeno.

“Actuar con decisión y oportunidad en la materia será una excelente inversión pública”.



En la siguiente tabla se hace una comparación del aumento económico que se acumuló durante diez años para el tratamiento de enfermedades respiratorias, estos costos tienen que ser pagados por las políticas de salud del gobierno.

Costos SSA 2002	Costos Funsalud 1992
Diagnóstico y tratamiento de infección respiratoria aguda \$629.51	Tratamiento de infección respiratoria aguda en niños \$74.00
Diagnóstico y tratamiento de asma \$9,417.14	Tratamiento de asma simple \$530 severo \$5,223
Diagnóstico y tratamiento de bronquitis en niño \$5,764.64	Tratamiento ambulatorio de bronquitis crónica y enfisema pulmonar \$1,596 Tratamiento de las complicaciones de bronquitis crónica y enfisema pulmonar \$2,725
Diagnóstico y tratamiento de neumonía \$12,183.01	Tratamiento ambulatorio de neumonías en adultos \$277

Tabla 5.6 Comparación de costos por atención médica

Fuente: Costos estimados para 2002 por la Secretaría de Salud citados en Nigenda, et al (2002).

Tabla Costos por beneficiario por año de enfermedades causadas por contaminación en aire.  
Costos SSA 2002 Costos Funsalud 1992



---

---

## CAPÍTULO VI EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y OPCIONES TECNOLÓGICAS

En este capítulo se hace una descripción de métodos, normas y tecnologías que se investigan y desarrollan para mejorar la calidad de los combustibles, para así poder reducir las emisiones contaminantes de los mismos, además de minimizar en lo más posible las externalidades que son consecuencia de las mismas emisiones contaminantes.

Primero utilizando un método a base de ecuaciones estequiometrias valoradas y aprobadas por las autoridades correspondientes en el tema de protección ambiental (SEMARNAT y Secretaría del Medio Ambiente del GDF), las cuales son utilizadas por parte de estas autoridades para llevar a cabo el INVENTARIO DE EMISIONES CRITERIO correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México con la finalidad de establecer una aproximación de la cantidad de toneladas emitidas al medio ambiente

Después empleando un método matemático-estadístico llamado **EVALUACIÓN DE EXTERNALIDADES** con el cual se puede tener una aproximación de la cantidad de casos de afectación de la salud en cuanto a vías respiratorias se refiere.

Este método contempla el número de casos teniendo en cuenta desde un simple dolor de cabeza hasta un tumor en tráquea o pulmones debido a que las estadísticas en este estudio son globales (debido a que las estadísticas empleadas reporta el percentil y cantidad de casos y enfermedades en conjunto o globalizadas). Para poder tener un desarrollo tanto económico y tecnológico sustentable sin limitaciones por dañar el medio ambiente.

A continuación se hace la descripción cuantitativa de las diferentes emisiones contaminantes (S, CO, HC, NO<sub>x</sub>) las cuales pueden ser las causantes de agravamiento de daños a la salud y al medio ambiente.

### 6.1 Emisiones de Contaminantes Criterio (NO<sub>x</sub>, CO, HC) con y sin Reducción de “S”

En las siguientes tablas de datos de emisiones y graficas comparativas se representan los datos correspondientes a las emisiones, de cada año (desde 1995 hasta 2020) en todo el país y en particular la zona metropolitana del valle de México (ZMVM), con lo cual se puede observa el cambio obtenido en el contenido de azufre en los combustibles.

Por la implementación de la **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005**, con lo que se espera mejorar la calidad del aire en todo el país y esencialmente en las zonas metropolitanas del mismo ya que son los sitios más afectados por contaminación ambiental.

Se hace el análisis especialmente en la zona Metropolitana del Valle de México, debido a que representa un caso especial y el más difícil de las tres zonas metropolitanas por lo tanto se debe poner mayor atención en los resultados que este análisis proporcione, ya que como es sabido tiene la concentración poblacional más grande del país y por lo tanto afecta aún gran número de personas en general.

AÑO		TODO EL PAIS								
		EN TODAS SUS MODALIDADES*			TOTAL S (M TON.)		EMISIONES (MM TON.)			
		COMERCIALIZACION (MM BLS/AÑO)			SIN NOM-086	CON NOM-086	CO	HC	NOx	TOTAL
		MAGNA	PREMIUM	DIESEL						
ANTES DE NOM-086	1995	127	28	97	26,406	26,406	9.93	1.17	0.53	11.63
	1996	133	29	100	27,572	27,572	9.92	1.06	0.47	11.45
	1997	140	31	103	28,793	28,793	11.34	1.15	0.52	13.02
	1998	147	32	106	30,069	30,069	12.29	1.2	0.55	14.04
	1999	154	34	109	31,405	31,405	13.18	1.2	0.6	14.98
	2000	162	35	112	32,802	32,802	13.76	1.4	0.65	15.81
	2001	170	37	115	34,263	34,263	12.88	1.32	0.69	14.9
	2002	178	39	119	35,793	35,793	13.13	1.25	0.79	15.17
	2003	187	41	123	37,393	37,393	12.61	1.36	0.84	14.81
	2004	196	43	126	39,068	39,068	12.79	1.11	1.05	14.95
TRANSICION	2005	206	45	130	40,821	40,821	13.34	1.08	1.03	15.45
	2006	217	47	134	42,655	37,597	8.23	1.03	0.98	10.24
	2007	227	50	138	44,575	34,563	7.92	1.08	1.00	10.00
	2008	239	52	142	46,585	30,299	4.7	0.64	0.64	5.98
	2009	251	55	146	48,688	26,180	4.56	0.62	0.62	5.81
	2010	263	58	151	50,890	20,520	4.33	0.57	0.64	5.54
	2011	276	61	155	53,195	16,110	3.76	0.45	0.47	4.68
	2012	290	64	160	55,608	9,423	3.93	0.47	0.49	4.89
	2013	305	67	165	58,134	5,831	3.12	0.44	0.52	4.07
	2014	314	69	170	59,878	4,695	3.21	0.45	0.53	4.19
CUMPLIMIENTO NOM-086	2015	323	71	175	61,674	4,836	3.21	0.4	0.44	4.06
	2016	333	73	180	63,525	4,981	3.31	0.41	0.46	4.18
	2017	343	75	185	65,430	5,130	3.02	0.43	0.36	3.81
	2018	353	77	191	67,393	5,284	3.11	0.44	0.37	3.93
	2019	364	80	197	69,415	5,443	3.34	0.52	0.39	4.25
	2020	375	82	203	71,498	5,606	3.44	0.54	0.4	4.38

Tabla 6.1 Tabla total de emisiones por combustibles de automotores en todo el país.

\*RESTO DEL PAIS (RP), ZMS (ZONAS METROPOLITANAS VALLE DE MEXICO, MONTERREY Y GUADALAJARA, Y ZONA FRONTERIZA NORTE (ZFN).

ZONA METROPOLITANA VALLE DE MEXICO										
AÑO	COMERCIALIZACION (M BLS/ AÑO)			TOTAL S (M TON.)		EMISIONES (MM TON.)				
	MAGNA	PREMIUM	DIESEL	SIN NOM-086	CON NOM-086	CO	HC	Nox	TOTAL	
ANTES DE NOM-086	1995	253	56	194	52.68	52.68	1.98	0.23	0.11	2.32
	1996	265	58	200	55.01	55.01	1.98	0.21	0.09	2.28
	1997	279	62	205	57.44	57.44	2.26	0.23	0.10	2.60
	1998	293	64	211	59.99	59.99	2.45	0.24	0.11	2.80
	1999	307	68	217	62.65	62.65	2.63	0.24	0.12	2.99
	2000	323	70	223	65.44	65.44	2.75	0.28	0.13	3.15
	2001	339	74	229	68.35	68.35	2.57	0.26	0.14	2.97
	2002	357	78	237	71.41	71.41	2.62	0.25	0.16	3.03
	2003	373	82	245	74.60	74.60	2.52	0.27	0.17	2.95
	2004	391	86	251	77.94	77.94	2.55	0.22	0.21	2.98
TRANSICION	2005	413	90	259	81.44	81.44	2.66	0.22	0.21	3.08
	2006	431	94	267	85.10	75.01	1.64	0.21	0.20	2.04
	2007	453	100	275	88.93	68.95	1.58	0.22	0.20	2.00
	2008	477	104	283	92.94	60.45	0.94	0.13	0.13	1.19
	2009	501	110	291	97.13	52.23	0.91	0.12	0.12	1.16
	2010	525	116	301	101.53	40.94	0.86	0.11	0.13	1.11
	2011	551	122	309	106.12	32.14	0.75	0.09	0.09	0.93
	2012	581	128	319	110.94	18.80	0.78	0.09	0.10	0.98
	2013	606	134	329	115.98	11.63	0.62	0.09	0.10	0.81
	2014	626	138	339	119.46	9.37	0.64	0.09	0.11	0.84
CUMPLIMIENTO NOM-086	2015	644	142	349	123.04	9.65	0.64	0.08	0.09	0.81
	2016	666	146	359	126.73	9.94	0.66	0.08	0.09	0.83
	2017	684	150	369	130.53	10.23	0.60	0.09	0.07	0.76
	2018	706	154	381	134.45	10.54	0.62	0.09	0.07	0.78
	2019	726	160	393	138.48	10.86	0.67	0.10	0.08	0.85
	2020	748	164	405	142.64	11.18	0.69	0.11	0.08	0.87

Tabla 6.2 Tabla total de emisiones por combustibles usados en automotores en la Zona Metropolitana del Valle de México.



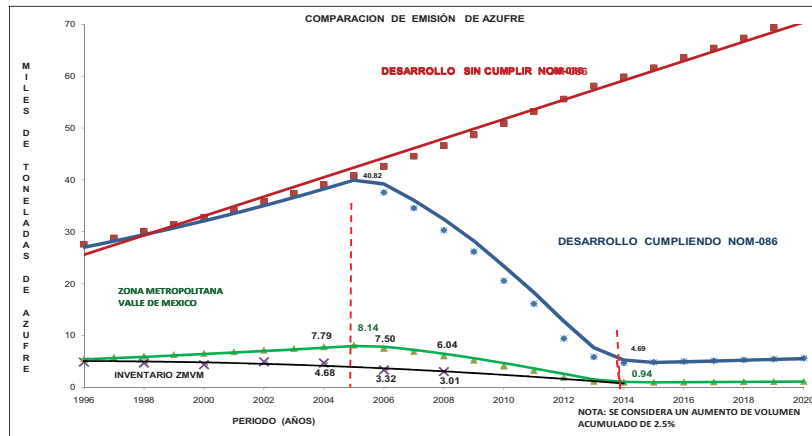


GRAFICO 6.1.1 correspondiente a la tabla 6.1 y 6.2 en el desarrollo de emisiones. Haciendo comparación entre los casos de contenido de azufre, en de todo el país y ZMVM.

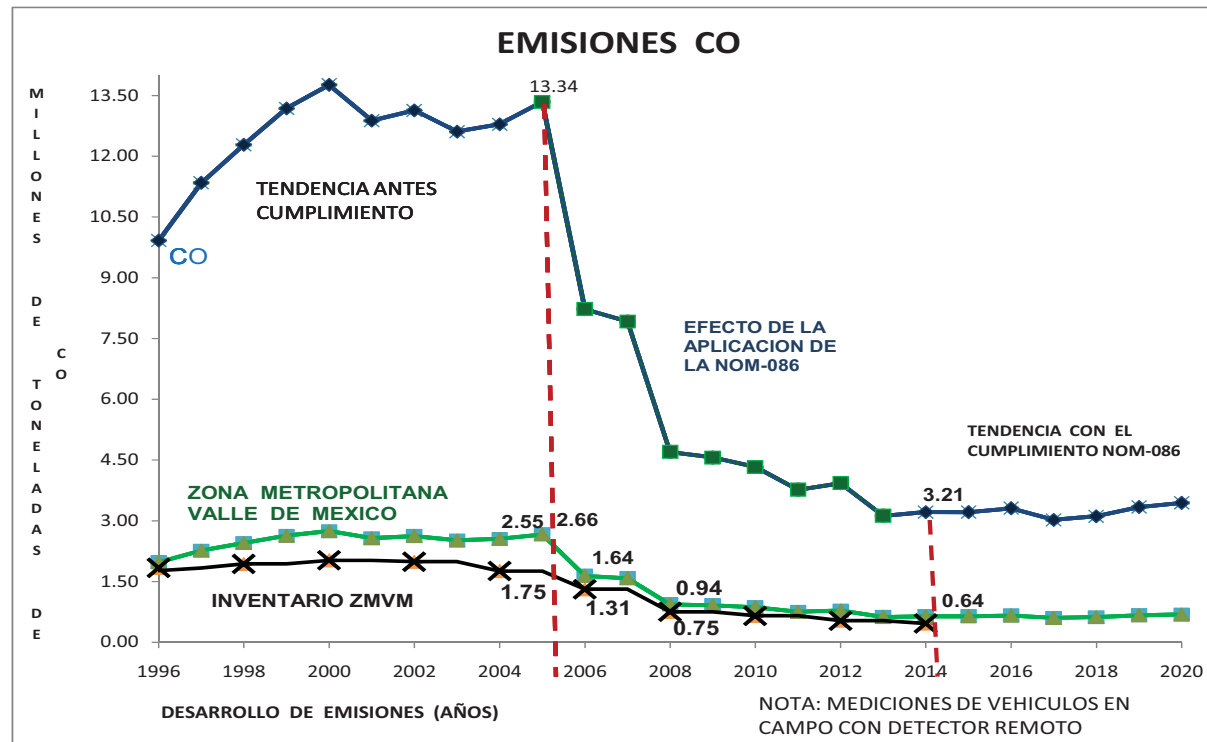


Grafico 6.1.2 correspondiente a la tabla 6.1 y 6.2 en el desarrollo de emisiones. Haciendo comparación entre los casos de contenido de CO, en de todo el país y ZMVM.

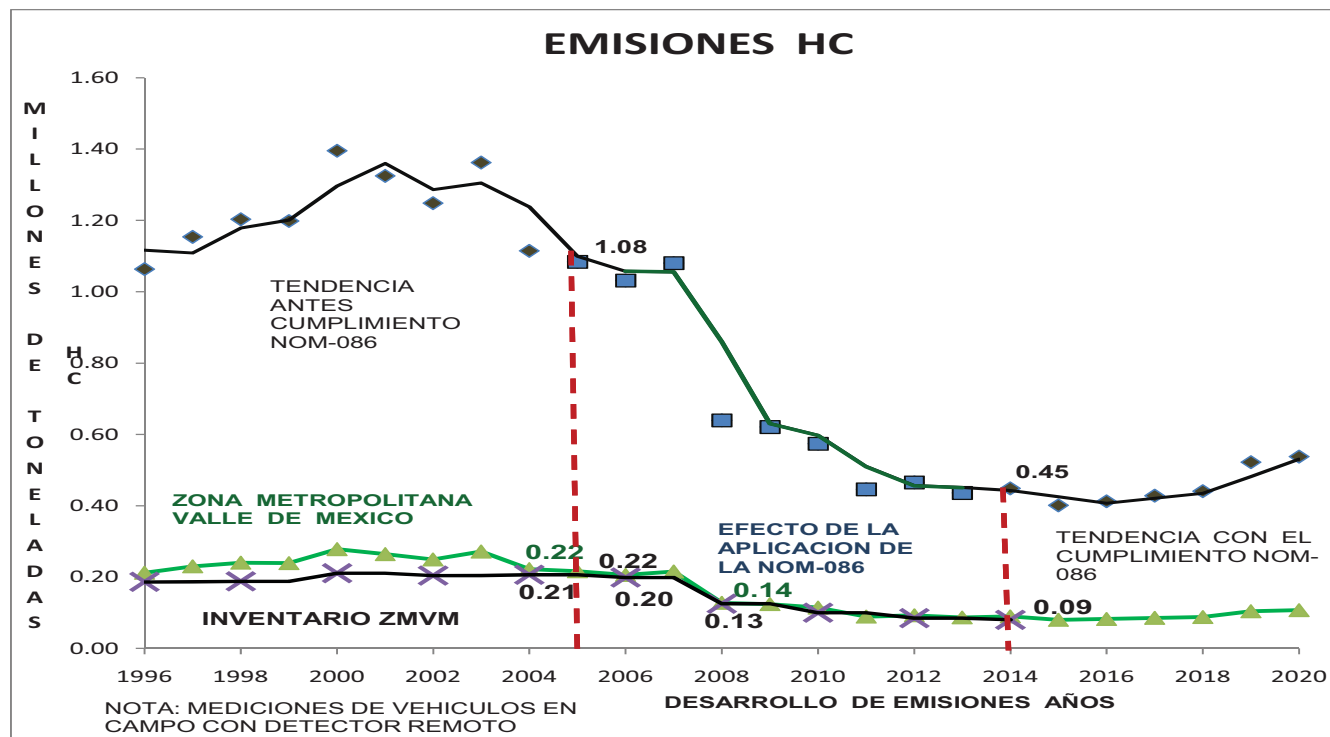


Grafico 6.1.3 correspondiente a la tabla 6.1 y 6.2 en el desarrollo de emisiones. Haciendo comparación entre los casos de contenido de HC, en de todo el país y ZMVM.

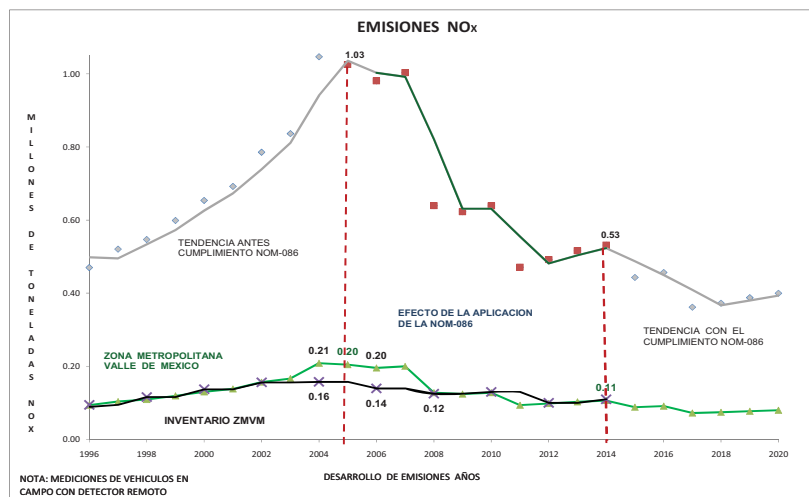


Grafico 6.1.4 correspondiente a la tabla 6.1 y 6.2 en el desarrollo de emisiones. Haciendo comparación entre los casos de contenido de NO<sub>x</sub>, en de todo el país y ZMVM.



Como se puede observar en las tablas de datos y en las graficas anteriores, se observa una disminución considerable en las emisiones contaminantes. A partir del año 2006 cuando se empieza a distribuir en todo el país los combustibles con las nuevas especificaciones establecidas en la **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005** las cuales son más estrictas en la disminución de contenido de azufre principalmente, con la implementación de estos nuevos parámetros se espera obtener una reducción de hasta un 80% menos de emisiones, con lo que se espera mejorar la calidad del aire en el medio ambiente y consecuentemente la calidad de vida de las personas.

## **6.2 Evaluación del IMPACTO en Casos de Afectación de Salud con y sin Reducción de “S”**

En las MEJORAS de SALUD PUBLICA el siguiente paso es el análisis vinculado a la reducción de emisiones de vehículos para casos extremos tales como la mortalidad, bronquitis, asma, y los días de actividad restringida, entre otros.( Resfriado, Sinusitis, Neumonía, Enfisema Pulmonar Gripe, Tos, Rinitis, etc.)

Lo que evita adversos impactos en la salud pública, son las futuras mejoras en las normas, asociadas con los beneficios adicionales a mejorara la calidad que contribuyen sustancialmente a los programa de combustibles. Es importante tener en cuenta que para evitar las afectaciones a la salud en el total se debe tomar en cuenta también la incidencia infantil que incluye a niños en periodo de gestación (fetos prematuros de mortalidad). Estas estimaciones son una parte de los beneficios para el feto y la salud de los niños asociados con reducciones en la contaminación del aire.

La contaminación del aire pone en peligro la salud del feto en una variedad de maneras, incluyendo la reducción de peso al nacer y el aumento de genética del feto en alteraciones que pueden estar relacionados con el futuro desarrollo del cáncer. La contaminación del aire puede también tener consecuencias de por vida en los niños, más allá de causar asma, bronquitis y restringir sus actividades diarias. Un reciente estudio a largo plazo en California encontró que los niños expuestos a altos niveles de contaminación del aire en el ambiente, tenia reducciones permanentes en la desarrollo de los pulmones y su función.

Se considera que la adopción de los combustibles (UBA) en los vehículos reducirá sustancialmente la contaminación atmosférica y mejorara la salud pública, en particular las ciudades más industrializadas.

También se cree que los beneficios sociales y monetarios de estas políticas serán superiores a los costos de cumplimiento del fabricante. Al mismo tiempo, el combustible de bajo azufre que es un componente crítico del programa normativo todavía no está en su lugar, La avanzada de control de emisiones y las tecnologías necesarias para cumplir con las próximas normas requieren el uso de tecnologías más limpias, especialmente de bajo azufre de los combustibles en el nuevo parque vehicular, de gasolina y diesel.



A un así falta control de emisiones en tecnologías y en las emisiones de partículas finas (MP). Reducir el contenido de azufre en el combustible sirve para disminuir las emisiones contaminantes de los vehículos tanto nuevos y viejos, pero cuando los vehículos cumplan cada vez con normas más estrictas, el uso de combustibles con menor contenido de azufre aumentara su eficiencia y subsecuentemente producirán emisiones por abajo de los niveles establecidos por las normas.

En la siguiente tabla se menciona la perspectiva de comparación en casos de afectación a la salud del 2005 a 2015 por vía respiratoria tomando en cuenta todas sus modalidades como: Bronquitis, Asma, Resfriado, Sinusitis, Neumonía, Enfisema Pulmonar Gripe, Rinitis, Tos y los días de actividad restringida.

Con lo que se demuestra que la disminución de azufre en los combustibles es una gran ayuda a la minimización de emisiones contaminantes (**CO, HC, NOx**), ya que permite que tanto el convertidor catalítico como los filtros mejoren la eficiencia de su funcionamiento.

<b>CASOS ESPERADOS EN LA ZMVM</b>			
I) FRACCIÓN INGESTA j/AREA	$iF_j=0.00521$	I) FRACCIÓN INGESTA j/AREA	$iF_j=0.00624$
II) CAMBIO EMISIONES j	$E_j=8,144,000,000,000$ mg	II) CAMBIO EMISIONES j	$E_j=937,000,000,000$ mg
III) Coef. De impacto de Salud	$Cri= 0.079\%$	III) Coef. De impacto de Salud	$Cri= 0.079 \%$
IV) Tasa de referencia anual	$li=0.2 \%$	IV) Tasa de referencia anual	$li=0.2 \%$
V) Frecuencia respiratoria promedio	BR=23 P/min.	V) Frecuencia respiratoria promedio	BR=23 P/min.
TOTAL DE CASOS ESPERADOS	EN 2005 <b>147,560,312</b>	TOTAL DE CASOS ESPERADOS	EN 2015 <b>20,328,935</b>

Tabla 6.2.1 tabla de evaluación de diferencia de casos por salud.

Los incisos I a V son los coeficientes (mexicanos) utilizados en la metodología, para poder establecer el número de casos de afectación a la salud en general, ya que en México a un no se cuenta con estadísticas de todo el país específicas de cada enfermedad por vía respiratoria.

### 6.2.2 Externalidad salud (Costo económico MORBILIDAD Y MORTALIDAD)

Los costos de CUMPLIMIENTO que se obtendrían como resultado de vehículos nuevos y de combustible con normas necesarias para lograr los beneficios para la salud son muy aceptables. Por supuesto, hay costos adicionales que pueden ocurrir. Como paso principal, este estudio trata de cuantificar los beneficios actuales y a futuro de la contaminación del aire, además de la potenciar los beneficios adicionales que se deriven de la adopción de combustibles bajos en azufre.

La Rentabilidad de los BENEFICIOS PARA LA SALUD PÚBLICA en las Valoraciones económicas de la salud pública y los criterios de valoración se utiliza para traducir en lo social los beneficios de los combustibles y los reglamentos de los vehículos en importes monetarios.



Los costos de cumplimiento de las refinерías se cuenta de lo monetario a lo social para obtener los beneficios netos de los programa de renovación, actualización y regulación en la mejora de combustible y normas. Las ventajas económicas, y sociales de estos programas de combustible se espera superen los costos de cumplimiento de salud por un factor de hasta 40% para el año 2015.

Para poder hacer esto posible tanto el gobierno federal como PEMEX tiene que hacer altas inversiones multimillonarias (USD), para renovar, actualizar y mejorar la actual infraestructura industrial de refinación en el país, a continuación se hace una descripción generalizada de este tipo de modificaciones a las refinерías. Se mencionan algunos ejemplos específicos para darnos una idea de las dimensiones de modificaciones que se deben llevar a cabo para el cumplimiento de la **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005**.

**La NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005** establece las especificaciones que deben cumplir los combustibles fósiles líquidos para mejorar el medio ambiente responsabilidad de Pemex Refinación. Esta norma se publicó el 30 de enero de 2006 en el Diario Oficial de la Federación y entró en vigor el 1º de abril de 2006, excepto los nuevos parámetros de azufre que tienen un calendario específico.

Debido a que Pemex Refinación no contaba con la infraestructura para elaborar combustibles de ultra bajo azufre, se tenían que proveer complementariamente mediante importaciones, por lo que para cumplir con los compromisos de largo plazo, se desarrollo un proyecto para instalar la infraestructura necesaria.

El primer paso se cumplió en el mes de octubre del 2006 con el suministro a las Terminales de Almacenamiento y Distribución (TAD's) de Gasolina Pemex Premium de Ultra Bajo Azufre (UBA) con 30 partes por millón (ppm) y a partir del mes de diciembre en las Estaciones de Servicio de todo el país. Por lo que respecta al suministro de Pemex Diesel UBA con 15 ppm en la Zona Fronteriza Norte (ZFN), se inició su distribución a las TAD's en el mes de enero de 2007, la gasolina Pemex Magna UBA ZM's, se inició su distribución en noviembre del 2008 y el Pemex Diesel UBA ZM's, se inició su distribución en diciembre 2008.

El segundo paso consiste en desarrollar la infraestructura\* mediante la inversión de alrededor de 10, 000 millones de dólares: Cabe señalar que el "Programa de Mejoramiento de la Calidad de Gasolinas y Diesel abarca múltiples proyectos, altos montos de inversión y la disponibilidad de equipos en los mercados internacionales que, de manera conjunta, permitirá la producción de los nuevos combustibles.

Además en fases subsecuentes, se incrementará la producción interna de combustibles *UBA*, mediante la modernización de las instalaciones productivas del sistema nacional de refinación. A finales del 2008, iniciaron las licitaciones para la construcción de nueva infraestructura para producir la gasolina PEMEX Magna UBA que servirá para suministrar al resto del país. Desde el 2009, el Distrito Federal recibe el PEMEX Diesel UBA para el Metrobus. Y El abasto de gasolina PEMEX Magna UBA y PEMEX Diesel UBA para el resto del país se dará de forma gradual.



---

**Con la construcción de 28 plantas y modernización de 19****Plantas Nuevas: 28**

8 Postratamiento de gasolinas, 5 Hidrotratamiento de diesel, 5 de Hidrógeno, 3 de PSA, 4 de Azufre y 3 de Aguas Amarga

**Plantas REVAMPS: 32**

17 Hidrodesulfuración de diesel, 15 Complementarias (1 HDS gas, 1 H<sub>2</sub>, 3 AA , 10 reg. aminas) Además de 5 nuevos servicios auxiliares adicionales: Generación de energía eléctrica, vapor y regeneración de aminas.

Simplemente para darnos una idea de lo que se requiere PEMEX Invertirá alrededor de 600 millones (USD) en la REFINERÍA DE CADEREYTA para producir combustibles limpios con los cuales construirá seis nuevas plantas en este centro refinador, también instalara una planta de tratamiento de agua. Además se está llevando a cabo la **Reconfiguración Minatitlán** en su etapa final, se esperaba que a principios del 2010 inicien las pruebas de arranque de las nuevas unidades. El proyecto consiste en la construcción de once plantas nuevas e infraestructura complementaria. Una vez en operación, se producirá 100 mil barriles diarios adicionales de gasolinas y diesel

Otra inversión muy significativa es la **Reconfiguración de Salamanca**. El proyecto prevé la modernización tecnológica de la Refinería mediante la construcción de una coquizadora y tres plantas de Hidrotratamiento que se traducirán en aumentar 56 mil barriles diarios la producción de destilados. Con una inversión estimada en 3 mil millones de dólares.

**Nota: De acuerdo a información actualizada al mes de marzo de 2010.** <sup>(47, 48, 49,50)</sup>

Con el cumplimiento de la norma y distribución de los combustibles en todo el país, se espera reducir en un 85.81 % total de los casos de afectación a la salud (MORBILIDAD), ya que con el método de estimación usado (aceptado por CEPAL), hasta el año 2005 se tuvo alrededor de 29, 143,162 casos y con el mismo método de estimación se espera tener alrededor de 4, 014,965 casos para el año 2015. Lo que representaría una disminución de 25, 128,937 casos, en la ZMVM.

Por lo que respecta al ámbito económico se piensa que el gobierno gasto alrededor de unos 1, 695 millones (USD) en el año 2005, por concepto de atención medica acumulado en todas las modalidades de enfermedad por vía respiratoria, y que en 2015 gastara alrededor de unos 258 millones de (USD) por concepto de disminución de emisiones contaminantes.

Por lo tanto el acumulado a lo largo de diez años se espera una reducción alrededor de unos 280, 334,570 casos de afectación a la salud, lo cual representaría un ahorro de unos 17, 324 millones de (USD) solo en la ZMVM. Con lo cual se demuestra que son rentables las inversiones que se hacen para mejorar la calidad del aire en el medio ambiente, respecto a la disminución de contenido de azufre en los combustibles y sus efectos indirectos en otras emisiones (**CO**, **HC**, **NO<sub>x</sub>**).



A continuación se presentan las siguientes tablas con la descripción de los datos, tanto para morbilidad como mortalidad; en las cuales se hacen las evaluaciones, con coeficiente de elasticidad, proporcional de acuerdo al número de casos respectivamente para cada año. Tomando en cuenta un valor bajo ( $\epsilon=2.0$ ), así como de gasto directo, debido a la situación económica por la cual atraviesa el país (desempleo, bajo poder adquisitivo e inflación) entre otros factores de afectación.

MORBILIDAD (TODAS LAS ENFERMEDADES)	DAP MM USD (AÑO) SIN NOM-086		DAP MM USD (AÑO) CON NOM-086		REDUCCION	
	VALOR BAJO	VALOR ALTO	VALOR BAJO	VALOR ALTO	$\epsilon=2.0$ (VALOR BAJO)	
	$\epsilon^1=2$	$\epsilon=0.3$	$\epsilon^1=2$	$\epsilon=0.3$	%	MM USD
2006	1,040	52,766	916	46,510	11.86	46498
2007	1,091	55,362	846	42,924	22.47	42901
2008	1,144	58,090	1744	37,783	34.96	37748
2009	1,201	60,951	646	32,776	46.23	32729
2010	1,260	63,967	508	25,794	59.68	25734
2011	1,322	67,127	401	20,330	69.71	20261
2012	1,388	70,456	235	11,940	83.05	11857
2013	1,457	73,952	146	7,416	89.97	7326
2014	1,507	76,475	118	5,998	92.16	5906
2015	1,558	79,082	122	6,202	92.16	6110
TOTAL	12,968	658,228	4,682	237,672	60.22	237,070

Tabla 6.2.2 Costo económico con coeficiente de elasticidad bajo ( $\epsilon=2.0$ ), haciendo hincapié en la comparación de los mismos, con y sin la aplicación de la Norma-086.

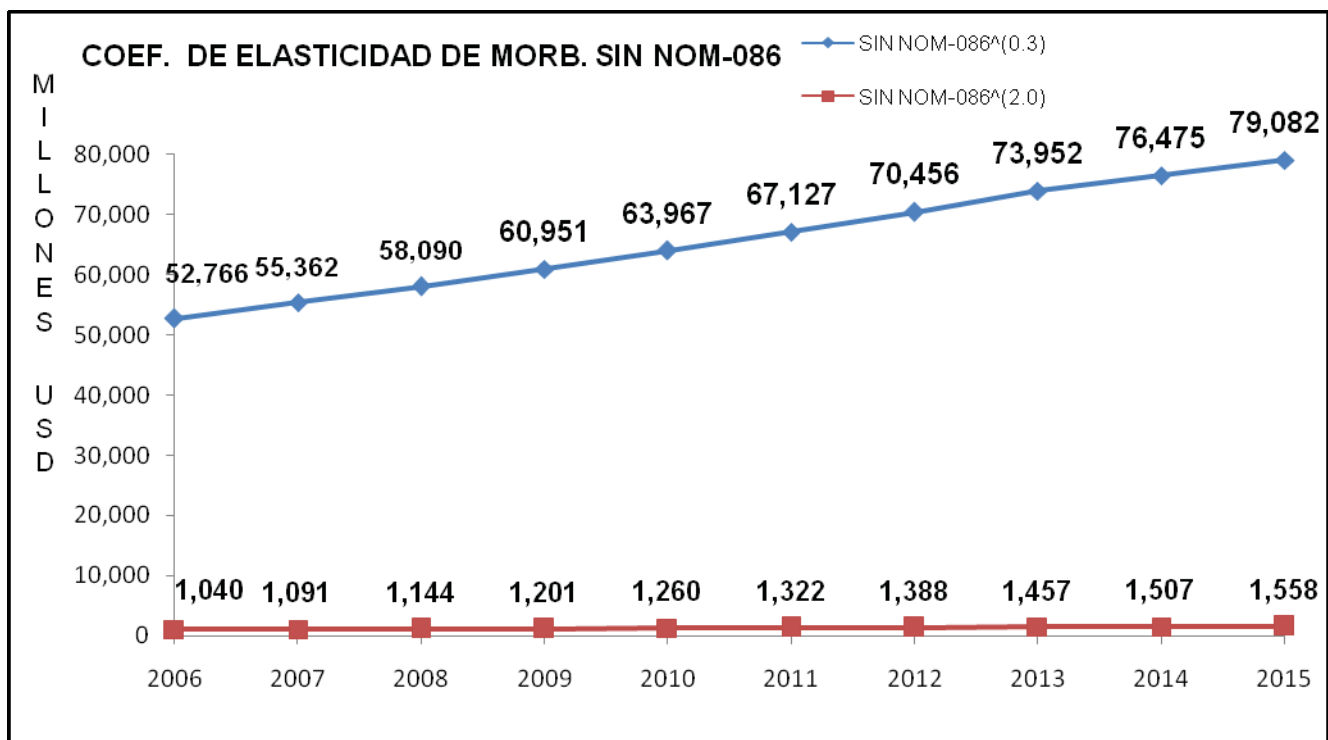


Grafico 6.2.2 Costo económico con coeficiente de elasticidad

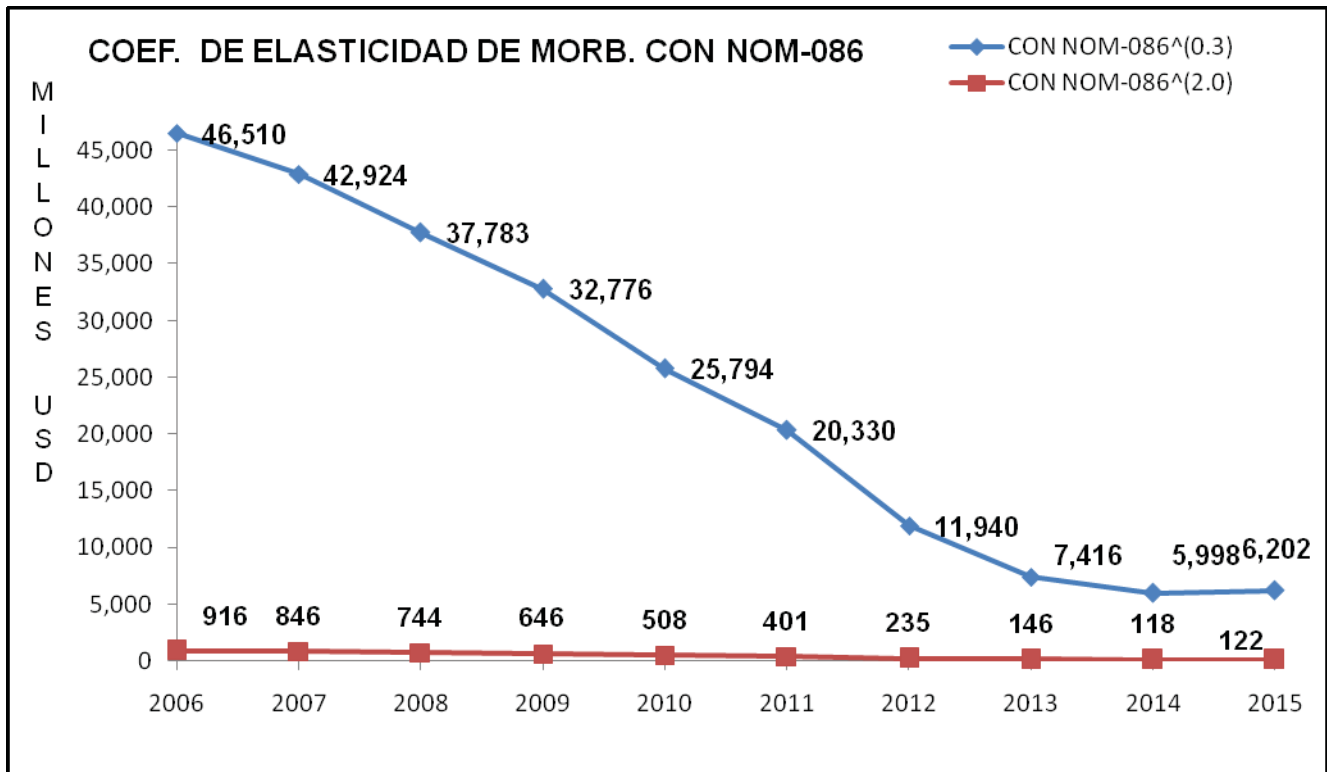


Grafico 6.2.2.1 Costo económico con coeficiente de elasticidad

CASOS DE SALUD (MORBILIDAD)			REDUCCION	
AÑO	SIN APLICACIÓN NOM-086	CON APLICACIÓN NOM-086	%	MM USD
2006	35,173,084	31,002,738	11.86	257.71
2007	36,903,103	28,612,043	22.47	512.35
2008	38,721,393	25,185,154	34.96	836.49
2009	40,628,932	21,847,515	46.23	1,160.62
2010	42,639,305	17,193,472	59.68	1,572.45
2011	44,745,224	13,551,748	69.71	1,927.63
2012	46,964,675	7,958,679	83.05	2,410.41
2013	49,294,672	4,943,068	89.97	2,740.06
2014	50,976,862	3,998,436	92.16	2,903.74
2015	52,714,564	4,134,392	92.16	3,002.46
TOTAL	438,761,816	158,427,245	63.89	17,324

Tabla 6.2.2.a de costo económico directo, haciendo hincapié en la comparación de los datos, con y sin la aplicación de la Norma-086.



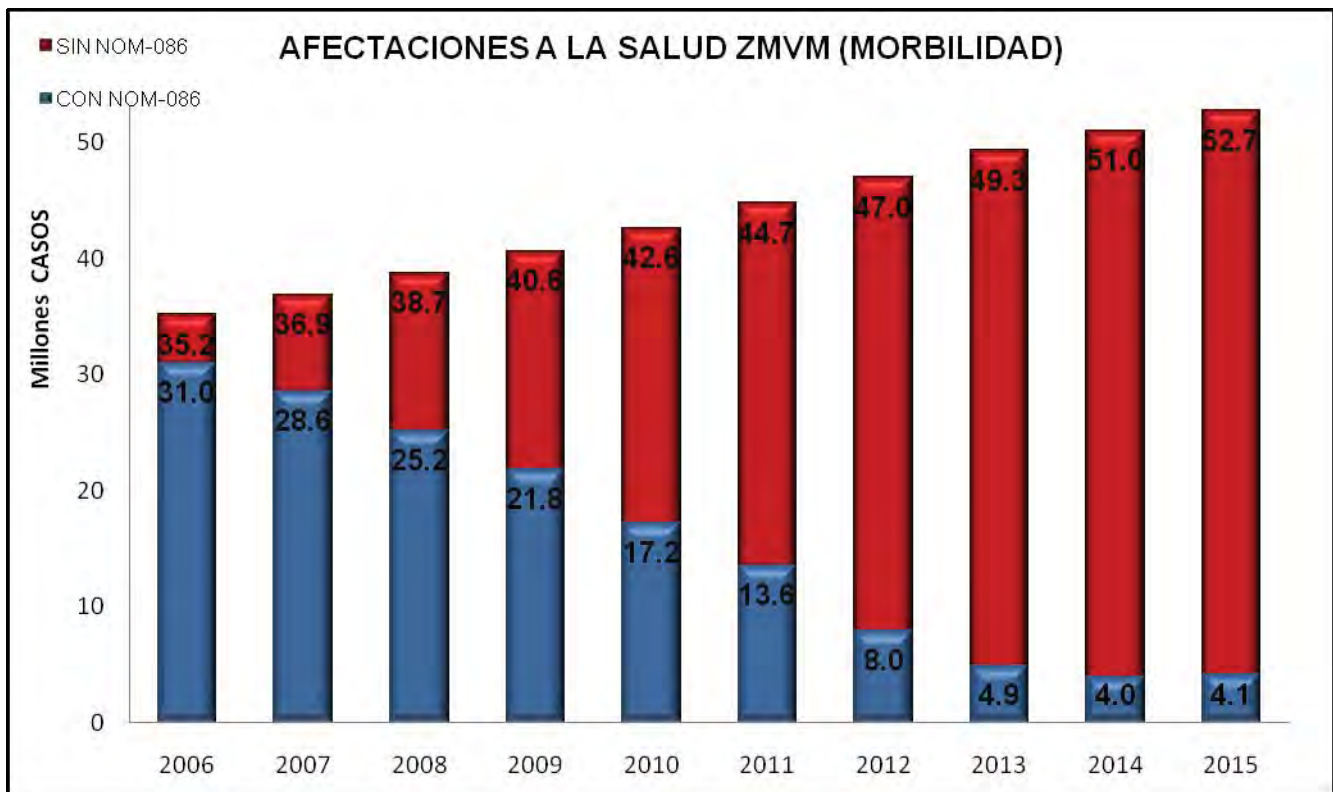


Gráfico 6.2.2<sup>a</sup> Morbilidad afectación a la salud

Con lo que respecta al caso de Mortalidad como ya se observó que la disminución de azufre en los combustibles (gasolinas y diesel en sus respectivas modalidades) influye en la disminución de emisiones contaminantes (**CO**, **HC**, **NOx**), también influye en la disminución de muertes prematuras por agravamiento de salud a consecuencia de las mismas emisiones.

Es importante entender que la disminución de casos de mortalidad, se debe tratar con un especial cuidado, ya que como antes se mencionó estos datos son generales refiriéndose a todas las enfermedades del sistema respiratorio (Bronquitis, Asma, Resfriado, Sinusitis, Neumonía, Enfisema Pulmonar Gripe, Rinitis, Tos y los días de actividad restringida, etc.)

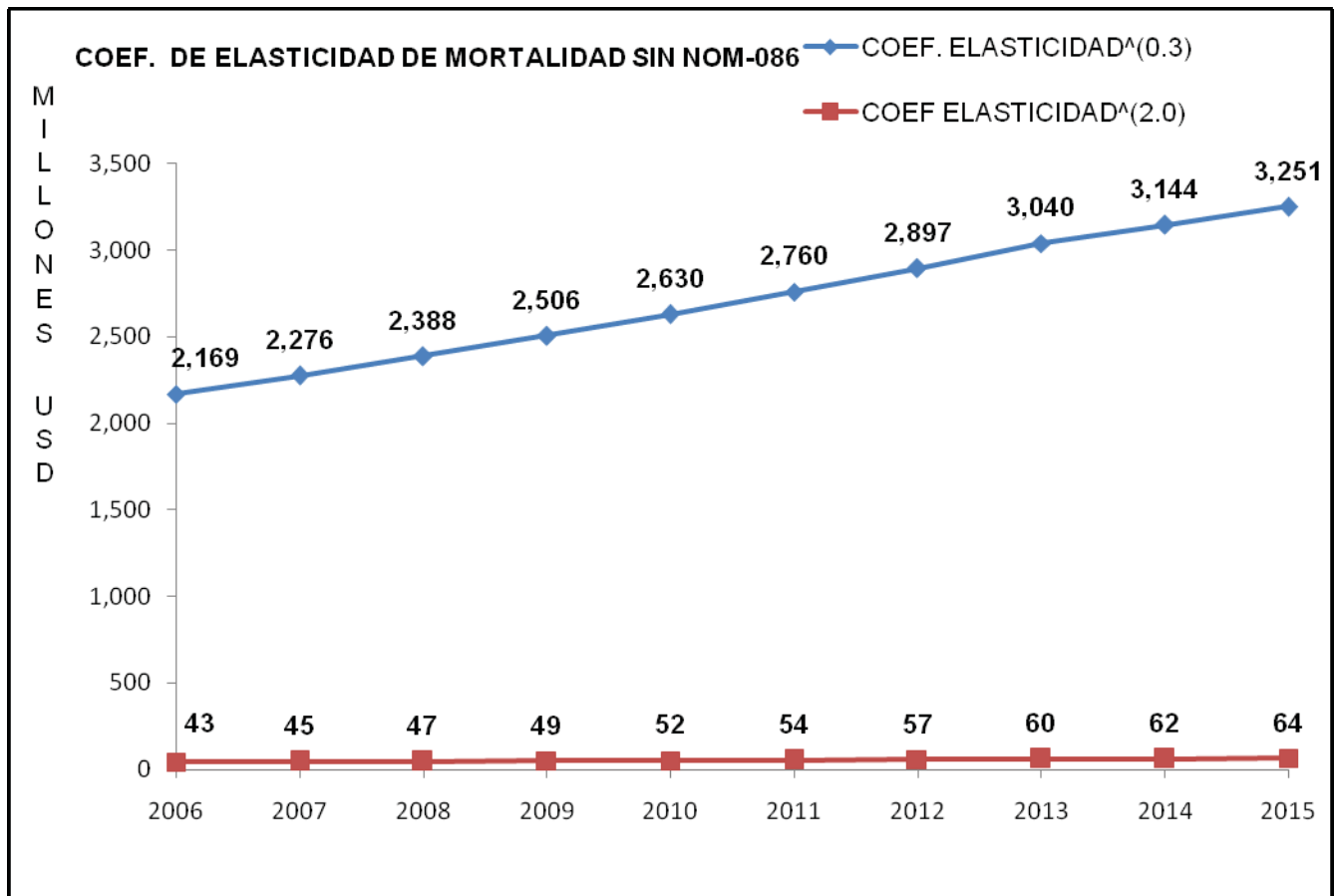
En las siguientes tablas se presentan los datos de mortalidad, con el mismo tratamiento estadístico, como se hizo con los datos de morbilidad, sin olvidar que el coeficiente de elasticidad trata de compensar que en este estudio, se utilizó la unidad de DAP (que es la cantidad de dinero que alguien está dispuesto a pagar por evitar un caso o reducir el riesgo de mortalidad o morbilidad).

En teoría, el DAP incluye el costo de salud más el dolor y sufrimiento que alguien experimenta.



MORTALIDAD (TODAS LAS ENFERMEDADES)	DAP MM USD (AÑO) SIN NOM-086		DAP MM USD (AÑO) CON NOM-086		REDUCCION	
	VALOR BAJO	VALOR ALTO	VALOR BAJO	VALOR ALTO	€=2.0 (VALOR BAJO)	
	€^1=2	€=0.3	€^1=2	€=0.3	%	MM USD
2006	43	2,169	38	1,912	11.86	1900
2007	45	2,276	35	1,765	22.47	1742
2008	47	2,388	31	1,553	34.96	1518
2009	49	2,506	27	1,348	46.23	1301
2010	52	2,630	21	1,060	59.68	1001
2011	54	2,760	16	836	69.71	766
2012	57	2,897	10	491	83.05	408
2013	60	3,040	6	305	89.97	215
2014	62	3,144	5	247	92.16	154
2015	64	3,251	5	255	92.16	163
TOTAL	533	27,062	193	9,772	60.22	9169

Tabla 6.2.2.1 de costo económico con coeficiente de elasticidad bajo ( $\epsilon=2.0$ ), haciendo hincapié en la comparación de los mismos, con y sin la aplicación de la Norma-086.



6.2.2.1 Comparación de coeficiente de elasticidad

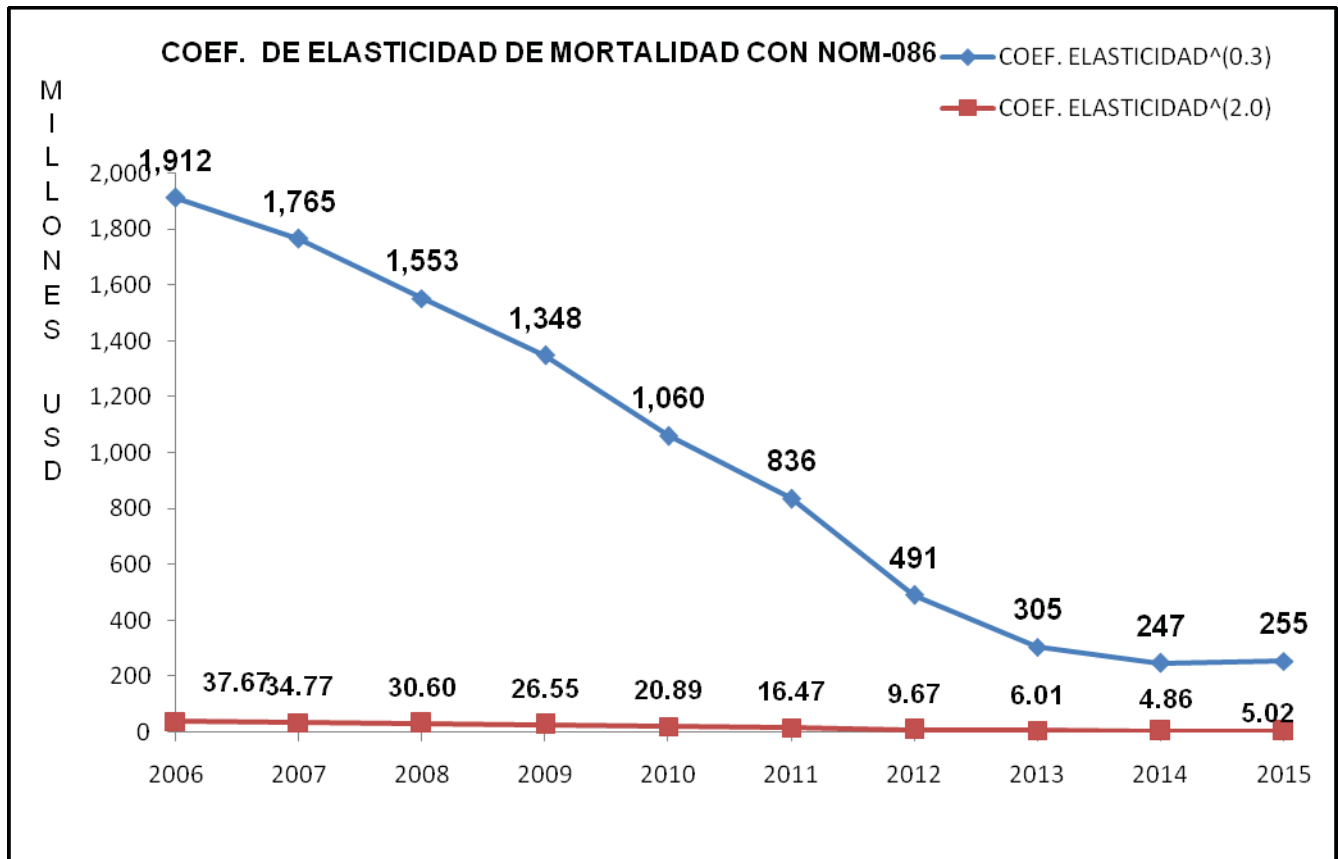


Grafico 6.2.2.1a

CASOS DE SALUD (MORTALIDAD)				REDUCCION	
AÑO	SIN APLICACIÓN NOM-086	CON APLICACION NOM-087	NOM-086	%	MM USD
2006	1,446,103	1,274,644		11.86	10.60
2007	1,517,231	1,176,353		22.47	21.06
2008	1,591,988	1,035,461		34.96	34.39
2009	1,670,415	898,237		46.23	47.72
2010	1,753,069	706,891		59.68	64.65
2011	1,839,652	557,166		69.71	79.25
2012	1,930,902	327,213		83.05	99.10
2013	2,026,697	203,229		89.97	112.68
2014	2,095,859	164,391		92.16	119.36
2015	2,167,303	169,981		92.16	123.43
TOTAL	18,039,220	6,513,566		63.89	712.24

Tabla 6.2.2.2 Costo mortalidad

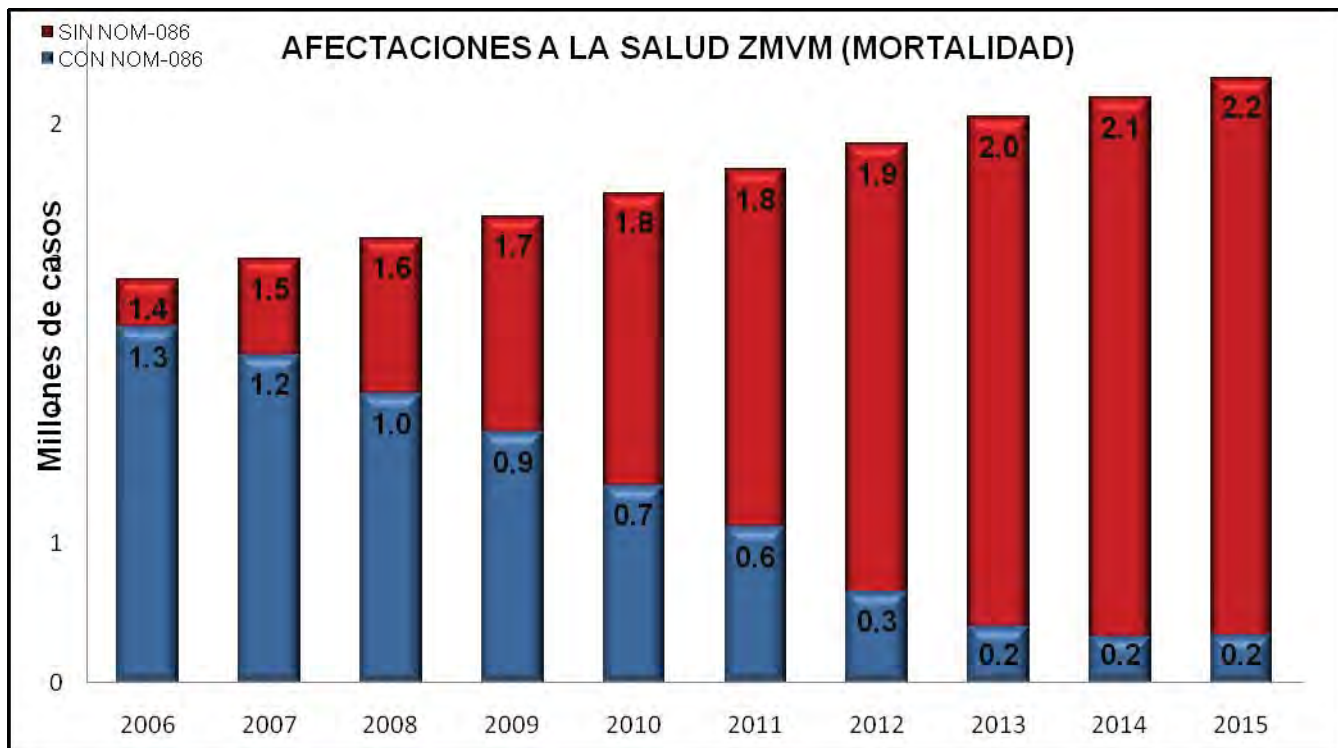


Grafico 6.2.2.2<sup>a</sup> Mortalidad afectación a la salud

Tabla DAP para diferentes Efectos en la Salud		
Impacto	DAP por caso (USD)	
	Valor bajo €= 2.0	Valor alto €= 0.3
<b>MORBILIDAD</b> (Todas las enfermedades)	30	1500
<b>MORTALIDAD</b>	50	2000

Tabla 6.2.2.3 DAP por caso

### 6.3 Vehículos

#### a) Gasolina

Si bien la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre otras es identificada como una de las principales causas del calentamiento global no se convirtió en un problema mundial hasta la década de los ochenta. Con un planteamiento basado en el concepto de vehículo adecuado, las diferentes marcas de armadoras automotrices hacen un esfuerzo por mejorar el tipo de tecnología actual.



Dado que los combustibles fósiles seguirán siendo el recurso energético clave en el futuro inmediato, las armadoras continúan mejorando la eficiencia de sus motores de gasolina y diesel, mediante el uso de nuevas tecnologías, con las que ya cuentan la mayoría de la gama de modelos. Otros avances en el campo de los combustibles sintéticos y los biocombustibles, la diversificación de fuentes energéticas y la innovación tecnológica sientan las bases para la coexistencia de distintos tipos de vehículos compatibles con una movilidad sostenible.

En los últimos años se ha visto un marcado incremento en los vehículos que tratan de reducir su impacto medioambiental, y cada vez buscan más tecnologías como:

- Vehículos híbridos combinados (Full Hybrid Vehicles, HV): motorización más eficiente, con menos emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y otras partículas que los motores convencionales.
- PHV: electrificación práctica del motor, con modo EV para trayectos cortos y sistema híbrido combinado para autonomía de largo recorrido.

En la legislación de los EE.UU. Europa, la clasificación como vehículo de carga liviana (LDV) incluye a todos los vehículos de menos de 3.500 kg de peso bruto y los vehículos de más de 3.500 kg que están en la categoría de peso bruto del vehículo (GVWR, peso del vehículo más la capacidad de carga considerada) de menos de 8.500 lbs. (3.859 kg).

Los LDVs son subdivididos en las siguientes categorías ( w1 ):

- coches de pasajeros
- camiones livianos de carga liviana (LLDT), bajo 6.000 lbs. GVWR
- camiones pesados de carga liviana (HLDT), sobre 6.000 lbs. GVWR

Las medidas para la reducción de emisiones de los motores con ignición de chispa que ahora se incluyen son:

- Catalizadores de tres vías (TWC) con control de círculo cerrado
- Cambios en el diseño del motor y condiciones de combustión
- Ignición controlada electrónicamente
- Medidas especiales para reducir las emisiones de arranque en frío y de marcha en vacío
- Medición exacta del combustible por inyección de combustible
- Recirculación de gases de escape (EGR)

El desarrollo y mejoramiento de las tecnologías de control de emisiones, son los estándares más estrictos impuestos en Norteamérica, Europa y Japón. Ellos llevaron a una drástica reducción de las emisiones contaminantes tóxicas de los vehículos. Esta tendencia continúa a través de sucesivos estándares de emisiones más estrictos en muchas partes del mundo.

Estos estándares esencialmente reflejan el potencial de reducción de emisiones por las tecnologías de control de emisiones en los vehículos. En Europa, los estándares de emisiones para los vehículos propulsados por diesel y gasolina son diferentes en el presente, con diesel más limpio en CO que la gasolina, pero más sucio en cuanto a NO<sub>x</sub> y MP. Sin embargo, se considera consolidar estos estándares para el EURO V en el 2010 dentro de la Unión Europea (UE).



Para los autos potenciados con gasolina, tecnologías de reducción de emisiones, como los catalizadores de 3 vías han sido componentes estándar de los nuevos autos en los EE.UU y Europa. Los aumentos de precios se pueden considerar marginales en comparación con el costo total del vehículo.

### **b) Vehículos a Diesel**

El motor de combustión interna entre los diferentes tipos de combustibles que quema, utiliza la gasolina y el Diesel para hacer viable su funcionamiento. En los Diesel el encendido se realiza únicamente comprimiendo el aire a unas relaciones de compresión muy altas que en los de gasolina. Cuando el aire está casi a su máxima temperatura y presión, entra la inyección del Diesel, y se inicia la combustión.

No necesitan de una bujía como en los de gasolina, para encender la mezcla aire-gasolina. Las presiones de inyección y combustión en los Diesel son muy altas que en los de gasolina pues en los sistemas de inyección common rail (de conducto común), las cuales hacen parte de los autos desde hace poco más de una década (28000-29000 psi, libras por pulgada cuadrada).

Para que los componentes de dicho motor soporten semejantes presiones, se diseñan y fabrican con la robustez en mente y es por esto que a pesar de los avances (bloques en aluminio, turbo alimentadores más livianos y resistentes), el motor Diesel es más pesado que su similar en gasolina.

La visión general sobre los Diesel pone entre sus ventajas un menor consumo de combustible, una mayor longevidad de la máquina a pesar de que los gasolina han mejorado, y hoy por hoy esa diferencia en longevidad no sea tan notoria como hace unos 20-30 años, una respuesta en bajas rpm mayor por ejemplo al afrontar cuestas o realizar adelantamientos.

## **6.4 COMBUSTIBLES RENOVABLES O/A FUTURO**

Los combustibles más populares o conocidos para el transporte en este país son la gasolina y el diesel, pero un sinnúmero de fuentes de energía son capaces de suministrar energía a un vehículo. Éstos incluyen alcoholes, electricidad, gas natural y el propano. Algunos combustibles para vehículos producen menos contaminación que la gasolina, debido a sus propiedades físicas o químicas. Éstos se llaman "combustibles limpios".

Los combustibles limpios tienen algunas propiedades intrínsecas que los hacen más limpios que la gasolina convencional. Por lo general, estos combustibles emiten menos hidrocarburos, y los que emiten son menos reactivos (más lentos en formar ozono) y menos tóxicos. Las emisiones de vehículos impulsados por electricidad, gas natural o alcohol pueden tener hasta 90 por ciento menos emisiones tóxicas e hidrocarburos que forman ozono, que las emisiones de vehículos que utilizan gasolina convencional. Se espera que nuevas formulaciones de gasolina (gasolina reformulada) reduzcan estas emisiones hasta un 25 por ciento comparados con las de la gasolina de hoy.



Los combustibles limpios tienen beneficios que van más allá de sus ventajas en cuanto a la calidad del aire. Nuevos combustibles en el mercado se proporcionarían a los consumidores nuevas opciones y podrían reducir la dependencia en el petróleo. Debido a la necesidad que se tiene actualmente por reducir el nivel de contaminantes presentes en la atmósfera, ya que estos son los principales causantes de problemas como el de efecto invernadero, la variación de los regímenes climatológicos, surge la necesidad de buscar nuevas soluciones que contribuyan al mejoramiento de estos problemas sin recurrir a limitaciones en la producción de energía, ya que esto implicaría un retraso tanto en el desarrollo económico, cultural, tecnológico como en el investigativo de nuestro país.

Por esta razón entre otras es muy importante el apoyo a las nuevas tecnologías de investigación y desarrollo; Como los Investigadores de la coordinación de Ingeniería Molecular del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) dieron a conocer el desarrollo de un material a base de nanotubos de óxido de titanio que elimina el nitrógeno y azufre contenidos en gasóleos y en combustibles (gasolinas y diesel).

El instituto reveló que autoridades de Estados Unidos concedieron al Instituto la patente sobre este material, que es una tecnología para combustibles limpios, luego de la gestión del área de Propiedad Intelectual de esta institución. Se destacó que el "material adsorbente selectivo de compuestos nitrogenados y azufrados en fracciones de hidrocarburos del petróleo y procedimiento de aplicación", es un ejemplo del uso de la nanotecnología para resolver problemas de contaminantes contenidos en los combustibles.

El IMP detalló que el adsorbente está hecho a base de óxido de titanio con morfología nanotubular, en el cual las estructuras tridimensionales en forma de partículas o nanopartículas, fueron manipuladas hasta hacerlas nanotubulares. Esto permitió aumentar el área de contacto y generar sitios específicos que al entrar en contacto con gasolina o diesel atraen a aquellas moléculas de nitrógeno y de azufre contenidas en los mismos, y con ello, los combustibles reducen sustancialmente el contenido de dichos contaminantes. Además se mencionó que este adsorbente también se puede utilizar para quitar el nitrógeno al gasóleo, para así mejorar el desempeño de catalizadores para la generación de combustibles limpios.

Con esta tecnología del IMP, Petróleos Mexicanos (Pemex) cuenta ahora con una ruta para apoyar sus procesos y proteger sus catalizadores. Se comentó que en breve será necesario comercializar esta tecnología porque si únicamente el IMP se queda con las patentes, entonces no se justifica la inversión en laboratorios y de investigadores altamente especializados, esto desde el punto de vista económico.

Además se destacó que la oficina de patentes de Estados Unidos es una de las más exigentes que hay en el mundo en cuanto al desarrollo de tecnologías, porque para poder reclamar la paternidad de la aplicación de nanotubos de óxido de titanio como adsorbentes fue indispensable para el IMP probar que era una aplicación única en el mundo.



### 6.4.1 HIDRÓGENO

El **hidrógeno** es un elemento químico representado por el símbolo **H** y con un número atómico de 1. En condiciones normales de presión y temperatura, es un gas diatómico ( $H_2$ ) incoloro, inodoro, insípido, no metálico y altamente inflamable. Con una masa atómica de 1,00794(7) u, el hidrógeno es el elemento químico más ligero y es, también, el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia visible del universo.<sup>1</sup>

Sus principales aplicaciones industriales son el refinado de combustibles fósiles (hidrocracking) y la producción de amoníaco (usado principalmente para fertilizantes). Teniendo en cuenta que los beneficios e intereses de la energía alternativa como solución energética van más allá de la reducción de costos únicamente, se presenta además que el mayor uso de estas brindan, la oportunidad de reducir la dependencia con los combustibles fósiles como también de disminuir la contaminación ambiental.

El hidrógeno como combustible puede ayudar a la solución de dichos problemas debido:

- Es base de obtención del agua, es muy abundante y puede ser utilizado tanto en países energéticamente pobres como en los ricos.
- Puede sustituir en un porcentaje a los combustibles utilizados actualmente.
- Los productos de combustión son considerados contaminantes en muy bajo grado.
- Es energía que se puede almacenar, transmitir y utilizar para las necesidades energéticas.

1 Ton de carbón convertida	gasolina	electricidad	metanol	hidrógeno
Vehículo recorra Km	708.1	772.5	836.8	1030

Tabla 6.4.1 se mencionan datos de sustitución de energía.

El uso del hidrógeno como combustible es el sueño de los ecologistas. Al quemarse en un motor de coche (producirá vapor de agua), un gas que no sólo no tiene efecto en el calentamiento, sino que limpia y protege. Pero el problema es que en la Tierra no hay prácticamente hidrógeno libre ( $H_2$ ); lo que existe es, precisamente, agua ( $H_2O$ ). Y, claro, si hay que gastar energía en romper la molécula de agua para sacarle el hidrógeno, ya no compensan los beneficios del uso del hidrógeno como combustible.

El círculo puede romperse con un sistema ideado por científicos del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Se trata de conseguir que la rotura de la molécula de agua necesite menos energía que la que el hidrógeno proporcionará después. Para ello, según han publicado en *Science*, Daniel Nocera y Matthew Kanan han ideado un sistema que facilita el proceso.

Se trata de añadir unos catalizadores (básicamente, fosfatos, una sustancia abundante en la Tierra, y cobalto) al agua antes de aplicarle unos electrodos para romperla (electrólisis). Así, la reacción química resulta energéticamente favorable: se gasta menos en conseguir el hidrógeno que lo que se obtiene luego al quemarlo. Además, para que todo sea más limpio, usaron energía solar para las electrólisis. De esta manera, todo el ciclo se convierte en un proceso más limpio y menos contaminante.



El descubrimiento ha sido muy bien recibido por los científicos. La producción del hidrógeno es “el cuello de botella” de este tipo de energía, ha señalado José Ramón Isasi, del departamento de Química y Edafología de la Universidad de Navarra. Para acabar de rizar el rizo, el método tiene otra ventaja.

En muchas reacciones químicas que necesitan catalizadores (una especie de *intermediarios* que provocan o aceleran los procesos), éstos acaban deteriorándose o contaminándose. En este caso, eso no sucede, señala Isasi: “Cuando se desconecta el electrodo, se regeneran los iones de cobalto”, por lo que éstos no se *gastan*. Este tipo de obtención de energía sigue en proceso de investigación y será en 2015 cuando se conozca en realidad que tan viable es este tipo de obtención.

### 6.4.2 CELDAS SOLARES

Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química. La forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del foto voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil.

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorphas, monocristalinas o policristalinas), del mismo modo que para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, etc).

Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.

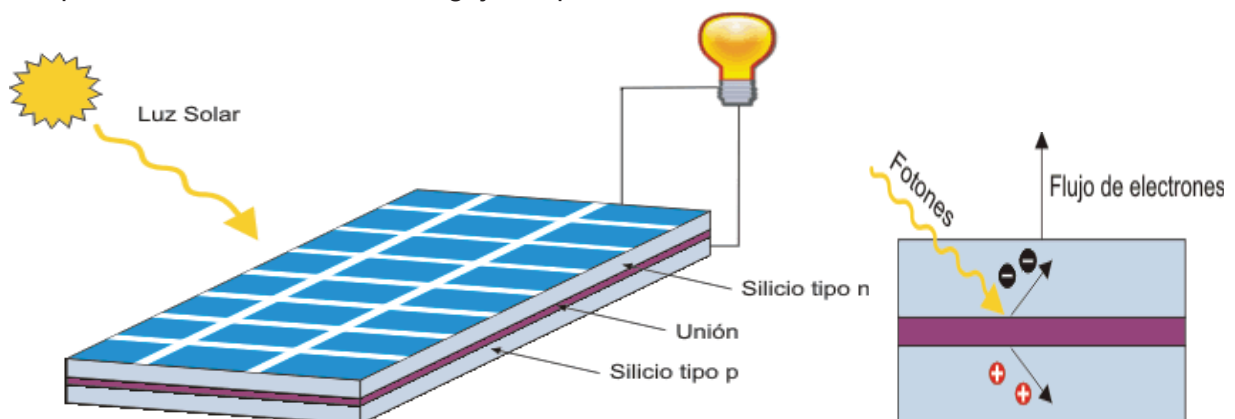


Grafico 6.4.2 Descripción de funcionamiento de celdas solares



La cantidad de energía que entrega un dispositivo fotovoltaico está determinado por:

- El tipo y el área del material
- La intensidad de la luz del sol
- La longitud de onda de la luz del sol

Una característica importante de las celdas fotovoltaicas es que el voltaje de la célula casi no depende de su tamaño, y sigue siendo bastante constante con el cambio de la intensidad de luz. La corriente en un dispositivo, sin embargo, es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz y al tamaño. Para comparar diversas celdas se les clasifica por densidad de corriente, o amperios por centímetro cuadrado del área de la célula.

Un **automóvil solar** es un automóvil propulsado por un motor eléctrico alimentado por energía solar obtenida de paneles solares en la superficie del automóvil. Los automóviles solares no son actualmente una forma de transporte práctica. Aunque pueden operar por distancias limitadas sin el sol, las celdas son generalmente muy frágiles. Además, los equipos de desarrollo han enfocado sus esfuerzos hacia la optimización de la funcionalidad del vehículo, preocupándose poco por la comodidad del pasajero. La mayoría de automóviles solares sólo tienen espacio para una o dos personas.

Los automóviles solares compiten en carreras (a menudo llamadas *rayces*) como la *World Solar Challenge* y la *American Solar Challenge*. Estos eventos son a menudo apoyados por agencias gubernamentales, como el Departamento de Energía de Estados Unidos, que se ocupa de promover el desarrollo de métodos de propulsión alternativa. En estas competiciones participan a menudo universidades para mejorar las habilidades de sus estudiantes, aunque también han participado equipos profesionales, incluyendo equipos de General Motors y Honda.

### 6.4.3 GAS NATURAL

El **gas natural** es una fuente de energía no renovable formada por una mezcla de gases ligeros que se encuentra frecuentemente en yacimientos de petróleo, **disuelto** o **asociado** con el petróleo o en depósitos de carbón. Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se saca, está compuesto principalmente por metano en cantidades que comúnmente pueden superar el 90 ó 95%.

Puede obtenerse también con procesos de descomposición de restos orgánicos (basuras, vegetales - gas de pantanos) en las plantas de tratamiento de estos restos (depuradoras de aguas residuales urbanas, plantas de procesado de basuras, etc.). El gas obtenido así se llama biogás.

El gas natural produce mucho menos  $\text{CO}_2$  que otros combustibles como los derivados del petróleo y el carbón. Además es un combustible que se quema más limpia y eficazmente. La razón por la cual produce poco  $\text{CO}_2$  es que el principal componente (metano), contiene cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono, produciendo 2 moléculas de agua por cada una de  $\text{CO}_2$ , mientras que los hidrocarburos de cadena larga (líquidos) producen sólo 1 molécula de agua por cada 1 de  $\text{CO}_2$ .



Como ventaja añadida es un combustible más versátil, que puede utilizar en sistemas de generación más eficientes como el ciclo combinado o la pila de combustible y su obtención es más sencilla en comparación con otros combustibles. Sin embargo, su contenido energético por unidad de volumen es bajo en comparación con otros combustibles. El gas natural puede ser empleado para producir hidrógeno que se puede utilizar en los vehículos de hidrógeno. 1 Nm<sup>3</sup> (Normal metro cúbico, metro cúbico en condiciones normales, 20 °C de temperatura y 1 atmósfera de presión) de gas natural produce aproximadamente 10,4 kWh.

De acuerdo a la Oficina Federal alemana para Geociencias y Combustible (BGR) con sede en Hannover, las reservas de gas natural en el planeta Tierra son suficientes para suministrar energía eléctrica durante varias décadas. La BGR señaló en el estudio "**Reservas, recursos y disponibilidad de combustibles 2002**"

En la Conferencia Mundial de Gas en Tokio, Japón, se indicó que hasta el año 2030 el consumo de gas natural se duplicará hasta alcanzar los cuatro billones 800 mil millones de metros cúbicos. Expertos de BGR destacaron, por otra parte, la importancia de inversiones a largo plazo para favorecer un incremento del mercado de ese combustible, y destacaron las participaciones conjuntas de consorcios de diversos países.

En el estudio se indicó que Europa ocupa junto con América del Norte, Sudamérica y Asia uno de los primeros lugares en producción de gas natural, al tiempo que se hizo hincapié en que ese continente deberá incrementar sus capacidades para cubrir la creciente demanda. Por otra parte se menciona la importancia del precio del gas natural a fin de que la producción de energía eléctrica a partir de éste sea rentable, y agregó que en un futuro es posible que el precio del gas natural y del petróleo vayan por separado.

#### **6.4.4 BIOCOMBUSTIBLES**

**Biomasa**, según el Diccionario de la Real Academia Española, tiene dos acepciones:

1. f. Biol. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
2. f. Biol. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

La primera acepción se utiliza habitualmente en Ecología. La segunda acepción, más restringida, se refiere a la biomasa 'útil' en términos energéticos: las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

Un equívoco muy común es confundir 'materia orgánica' con 'materia viva', pero basta considerar un árbol, en el que la mayor parte de la masa está muerta, para deshacer el equívoco; de hecho, es precisamente la biomasa 'muerta' la que en el árbol resulta más útil en términos energéticos. Se trata de un debate importante en ecología.



Otro equívoco muy común es utilizar 'biomasa' como sinónimo de la energía útil que puede extraerse de ella, lo que genera bastante confusión debido a que la relación entre la energía útil y la biomasa es variable y depende de innumerables factores. Para empezar, la energía útil puede extraerse por combustión directa de biomasa (madera, excrementos animales, etc), pero también de la combustión de combustibles obtenidos de ella mediante transformaciones físicas o químicas (gas metano de los residuos orgánicos, por ejemplo).

La biomasa podría proporcionar energías sustitutivas a los combustibles fósiles, gracias a biocombustibles líquidos (como el biodiésel o el bioetanol), gaseosos (gas metano) o sólidos (leña), pero todo depende de que no se emplee más biomasa que la producción neta del ecosistema explotado, de que no se incurra en otros consumos de combustibles en los procesos de transformación, y de que la utilidad energética sea la más oportuna frente a otros usos posibles.

Actualmente (2010), la biomasa proporciona combustibles complementarios a los fósiles, ayudando al crecimiento del consumo mundial (y de sus correspondientes impactos ambientales), sobre todo en el sector transporte (Estevan, 2008). Este hecho contribuye a la ya amplia apropiación humana del producto total de la fotosíntesis en el planeta, que supera actualmente más de la mitad del total (Naredo y Valero, 1999), apropiación en la que competimos con el resto de las especies.

Los primeros prototipos de motores tipo Otto funcionaban con alcohol así que no es una idea realmente nueva. Naturalmente, la quema de alcohol produce muchos menos contaminantes que la gasolina. De hecho, en los EEUU se añade regularmente alcohol de maíz como aditivo a las gasolinas corrientes para reducir la contaminación producida en su combustión.

Los motores que llevan nuestros autos son de dos tipos: de ciclo de Otto y de ciclo Diesel. En el primero normalmente quemamos generalmente gasolina y en el segundo gas-oíl. Pero vamos a ver que pueden ser capaces de quemar otro tipo de combustibles como alcohol en el primero y esteres grasos o incluso aceites vegetales en el segundo. Con los precios del barril del petróleo por las nubes se está mirando con otros ojos este tipo de biocombustibles, apareciendo muy atractivos a los ojos de gobiernos e inversionistas.

Para el primer caso del ciclo Otto siempre se puede utilizar alcohol etílico procedente de la fermentación del azúcar. De hecho en un pequeño porcentaje (hasta 15%) puede ser añadido directamente a la gasolina corriente sin necesidad de modificar el motor; Si se desea utilizarlo a altas concentraciones (hasta el 85%) hay que introducir modificaciones en el motor, cambiando el sistema de carburación o regulando el sistema de inyección.

En algunos modelos japoneses de motores un sensor detecta qué porcentaje de alcohol y gasolina hay en la mezcla y ajusta en tiempo real la cantidad a inyectar. De este modo se puede utilizar cualquier proporción alcohol-gasolina que se desee.



La biomasa, como recurso energético, puede clasificarse como:

- a) **La biomasa natural:** es la que se produce en la naturaleza (podas naturales de bosques)
- b) **La biomasa residual:** es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas (poda, rastrojos, etc.), silvícolas y ganaderas, así como residuos líquidos de la industria agroalimentaria ( bagazos, cáscaras, vinazas) y en la industria de transformación de la madera (aserraderos, fábricas de papel, etc.).
- c) **Los cultivos energéticos:** son los que están destinados la producción de biocombustibles. Además de los cultivos existentes para la industria alimentaria (cereales y remolacha para producción de bioetanol y oleaginosas para producción de biodiésel), existen otros cultivos como los lignocelulósicos forestales y herbáceos.

Hay varias maneras de clasificar los distintos combustibles que pueden obtenerse a partir de la biomasa. Quizás la más pertinente es por el proceso de producción necesario antes de que el combustible esté listo para el uso.

**Fermentación alcohólica:** Consta de una fermentación anaeróbica liderada por levaduras en las que una mezcla de azúcares y agua (mosto) se transforma en una mezcla de alcohol y agua con emisión de dióxido de carbono. Para obtener finalmente etanol es necesario un proceso de destilación en el que se elimine el agua de la mezcla. Al tratarse de etanol como combustible no puede emplearse aquí el método tradicional de destilación en alambique, pues se perdería más energía que la obtenida.

**Transformación de ácidos grasos:** Aceites vegetales y grasas animales pueden transformarse en una mezcla de hidrocarburos similar al diésel a través de un complejo proceso de esterificación, eliminación de agua, transesterificación, y destilación con metanol, al final del cual se obtiene también glicerina y jabón.

**Descomposición anaeróbica:** Se trata de un proceso liderado por bacterias específicas que permite obtener metano en forma de biogás a partir de residuos orgánicos. A la vez se obtiene como un subproducto abono para suelos. En todos estos procesos hay que analizar algunas características a la hora de enjuiciar si el combustible obtenido puede considerarse una fuente renovable de energía:

- a) Emisiones de CO<sub>2</sub>. El uso de biomasa o de sus derivados puede considerarse neutro en términos de emisiones netas si **sólo** se emplea en cantidades iguales a la producción neta de biomasa del ecosistema que se explota. Si no se supera la capacidad de carga del territorio.
- b) Tanto en el balance de emisiones como en el balance de energía útil no debe olvidarse la contabilidad de los inputs indirectos de energía, tal es el caso de la energía incorporada en el agua dulce empleada. La importancia de estos inputs depende de cada proceso, en el caso del biodiesel, por ejemplo, se estima un consumo de 20 kilogramos de agua por cada kilogramo de combustible: dependiendo del contexto industrial la energía incorporada en el agua podría ser superior a la del combustible obtenido.



c) Si la materia prima empleada procede de residuos, estos combustibles ayudan al reciclaje. Pero siempre hay que considerar si la producción de combustibles es el mejor uso posible para un residuo concreto.

d) Si la materia prima empleada procede de cultivos, hay que considerar si éste es el mejor uso posible del suelo frente a otras alternativas (cultivos alimentarios, reforestación, etc). Esta consideración depende sobre manera de las circunstancias concretas de cada territorio.

#### 6.4.4.1 Bioetanol y Biodiesel a partir de alcohol

Esta fue la primera fuente de energía que conoció la humanidad. La madera o incluso los excrementos secos son biocombustibles. En realidad toda sustancia susceptible de ser oxidada produce energía. Si esta sustancia procede de plantas, entonces al ser quemada (oxidada) devuelve a la atmósfera el dióxido de carbono que la planta tomó del aire tiempo atrás. Por tanto, desde el punto de vista ecológico es un sistema que respeta el medio ambiente, pues no hay un aumento neto de gases de efecto invernadero.

Casi cualquier sustancia orgánica líquida o gasificable puede ser utilizada en un motor de combustión interna con la apropiada mecánica. Utilizar otros combustibles alternativos en nuestros actuales motores sería más sencillo que la utilización de hidrógeno que se basa en una tecnología totalmente distinta.

El alcohol puede proceder del maíz como en los EEUU o de la caña de azúcar como en Brasil. En este último país se ha venido utilizando el alcohol como combustible de automoción desde hace ya muchos años aunque ha caído un poco en desuso porque Brasil también cuenta con reservas de petróleo en su subsuelo.

La caña de azúcar, la remolacha o el maíz no son la única fuente de azúcar. De este modo, casi todo residuo vegetal será susceptible de ser transformado en azúcar y luego gracias a la fermentación por levaduras obtener el alcohol destilando el producto obtenido. Se calcula que se producen miles de millones de toneladas de estos productos cada año. Según el National Resources Defense Council (NRDC) esta vía de obtención de combustible produciría un 30% de las necesidades de combustible de automoción para 2050.



Imágenes 6.4.4.1 Bioetanol y Biodiesel a partir del alcohol



Solo que transformar la celulosa en azúcar no es fácil, hace falta un sistema para romper la larga cadena de carbohidratos en sus eslabones de monómeros que la constituyen. De hecho, la celulosa es la que da rigidez a las plantas, son como “ladrillos” para ellas. Para romper la cadena se pueden utilizar enzimas especiales, que se pueden obtener industrialmente, pero hasta ahora tenían un precio muy alto.

El pasado Enero dos compañías californianas (Novozymes y Genencore) anunciaron una drástica reducción en el precio de estas enzimas (celulasas), gracias al uso de técnicas de ingeniería genética. Así, el precio de las celulasas empleadas para producir un litro de alcohol sale actualmente sólo por 5 céntimos de dólar cuando en 2005 salía por 1,30 dólares. Se espera reducir aún más el costo del proceso si en lugar de utilizar dos pasos (ruptura de la celulosa en un ambiente rico de oxígeno en presencia de la enzima y posterior fermentación con levaduras) se emplea un solo paso con microorganismos genéticamente manipulados que puedan obtener directamente la energía de la celulosa y producir así etanol.

El proceso de destilación es energéticamente costoso y se investiga (University of Wisconsin–Madison) la producción directa de biodiesel basado en derivados del azúcar a partir de celulosa. Este proceso utiliza un reactor catalítico de cuatro fases que produce alcanos líquidos que, como los aceites, se separan espontáneamente del agua por flotación. Se investiga además en cómo reducir la complejidad del proceso de todo el proceso. Con este tipo de investigación los restos vegetales de todo tipo sería útiles para la obtención de celulosa: aserrín, paja, césped, virutas de madera, papel, hojas de árbol, etc.

Naturalmente también se puede utilizar aceite obtenido directamente de ciertas plantas como la soja, el girasol, etc. Si no se destina a consumo alimentario los requerimientos son menores y el producto sale más barato. La utilización directa de un aceite vegetal en un motor diesel es posible, aunque hay que introducir modificaciones en el motor. Uno de los inconvenientes es que estos aceites se congelan a temperaturas moderadamente bajas.

Pero el sistema más habitual es la transformación de estos aceites a través de un proceso de esterificación. De este modo, a partir de alcohol metílico, hidróxido sódico y aceite vegetal se obtiene un éster que se puede utilizar directamente en un motor diesel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto. Entre las ventajas de este combustible es que produce menos contaminación ambiental que el diesel normal por la baja emisión de compuestos de azufre. Este tipo de combustibles se podrían utilizar en Europa debido al gran parque automovilístico de motores Diesel.

#### **6.4.4.2 Bioetanol y Biodiesel a partir de grasas y vegetales comestibles**

El **biodiésel** es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petro-diésel o gasóleo obtenido del petróleo.



El biodiésel puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla: **B100** en caso de utilizar sólo biodiésel, u otras notaciones como **B5**, **B15**, **B30** o **B50**, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla.

El aceite vegetal, cuyas propiedades para la impulsión de motores se conocen desde la invención del motor diésel gracias a los trabajos de Rudolf Diesel, ya se destinaba a la combustión en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. A principios del siglo XXI, en el contexto de búsqueda de nuevas fuentes de energía, se impulsó su desarrollo para su utilización en automóviles como combustible alternativo a los derivados del petróleo. El biodiésel descompone el caucho natural, por lo que es necesario sustituir éste por elastómeros sintéticos en caso de utilizar mezclas de combustible con alto contenido de biodiésel.

El impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva, especialmente en los países en vías de desarrollo generan aumento de la deforestación de bosques nativos, expansión indiscriminada de la frontera agrícola, desplazamiento de cultivos alimentarios y ganadería, destrucción del ecosistema y la biodiversidad, desplazamiento de trabajadores rurales.

"El biodiesel es un compuesto 'fácilmente biodegradable' conforme al standard EPA (EPA, 1982) y se degrada relativamente deprisa en el medio acuático. El biodiesel puede acelerar la degradación del diesel mineral. Cuanto mayor sea la proporción de biodiesel en una mezcla de biodiesel y diesel mineral, más deprisa se degrada la mezcla. En estas mezclas los microorganismos degradan el biodiesel y diesel fósil al mismo tiempo y casi a la misma velocidad.

### 6.5 Oxigenación de Gasolinas

Las gasolinas son compuestos conformados por moléculas de carbonos e hidrógenos, de allí que se les identifique con la denominación genérica de hidrocarburos.

En los motores la mezcla de la gasolina con el oxígeno del aire ocurrida en el carburador quema de manera imperfecta, lanzando al aire gases principalmente bióxido y monóxido de carbono que, junto con otros hidrocarburos no quemados, contribuyen a crear el smog y el llamado efecto invernadero, que está provocando un evidente cambio climático.

Para mejorar la combustión interna en los motores y reducir la producción de gases de invernadero; se le agregan a las gasolinas compuestos oxigenantes, algunos de los cuales son de origen químico como el metil-ter-butil-éter; por cierto, prohibido hace algunos años por contaminante de las aguas del subsuelo en los Estados Unidos y Japón.

Otro oxigenante como el Etanol de origen en la biomasa (caña de azúcar, yuca, remolacha, maíz, etc.), cuyo uso se ha venido incrementando de manera acelerada en el mundo. Las gasolinas con el agregado de oxigenantes, es llamada **gasolina oxigenada**.





Bien sabido es que el alcohol etanol es un combustible (**alcohol carburante**) y se ha usado por siglos no solamente para producir bebidas embriagantes, perfumería, medicina, procesos industriales de la cadena de la alcoholquímica, sino, particularmente también, como combustible motor. La molécula del alcohol etanol,  $C_2H_5OH$ , al quemar produce  $CO_2$  y agua, menos  $CO$  que la gasolina y nada de los otros óxidos –como  $SO_x$  - que normalmente la acompañan.

Como ya se mencionó en el punto 6.2.4.2, se produce el alcohol etanol de la biomasa a través de un proceso de fermentación, cuando se tiene porcentajes de **B5**, **B15** o hasta **B30** solo se utiliza como oxigenante y no como combustible con esto cumple las normas de formulación establecidas.

La materia prima por excelencia es la caña de azúcar, pero también se usa, en países como Estados Unidos, el maíz; en Rusia, centro y norte de Europa, la remolacha. La yuca, en menor escala, se emplea en países tropicales. En Colombia se ha experimentado también con el banano. Los científicos estiman que en menos de 20 años, todo el material verde de los campos así como los desechos agrícolas y la materia orgánica de las basuras, por un proceso llamado de hidrólisis de la celulosa, enzimática y ácida, se transformará en etanol.

Para México es importante producir Alcohol carburante ya que con esto habrá una disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera: Con la mezcla de 10% de etanol en la gasolina, se disminuyen en 24-27 % las emisiones de monóxido de carbono en carros nuevos, 45% en carros antiguos de 7-8 años y 20 % de hidrocarburos no quemados a nuestra atmósfera; con las positivas consecuencias para la salud humana y ambiental. La Secretaría de Economía dio conocer el Programa de Competitividad para la Industria Azucarera, que busca diversificar el uso de la caña de azúcar y alentar el uso de biocombustibles, para lo cual se construirán dos plantas de etanol.

El titular de la dependencia, Sergio García de Alba, hizo el anuncio y dijo que los recursos serán públicos y privados, y agregó que también se consideran plantas de etanol con trigo y maíz como materia prima. "Se debe identificar la mejor opción para producir etanol en México. Las fuentes son diversas y por lo tanto es necesario estudiar cada una para minimizar costos de inversión e incentivos y maximizar y asegurar la producción". La producción actual de etanol en México es insuficiente para oxigenar las gasolinas.

## 6.6 PARQUE VEHICULAR

Desde la década de los 70 la industria Automotriz cambió sus enfoques sobre los combustibles. El alza del precio del petróleo en aquella época, en primera instancia, y el énfasis en la preservación del medio ambiente, en segunda, fueron detonantes para orientarla hacia la búsqueda de combustibles alternativos. El petróleo es finito y se sabe hasta la saciedad que su inventario disminuye paulatina pero inexorablemente, a pesar de haber yacimientos potencialmente grandes sin explorar en la actualidad. En este sentido, la investigación y desarrollo de nueva tecnología es el seguro de vida de las marcas.



E indudablemente, adelantarse a los hechos no sólo protege a los fabricantes, sino también puede darles una ventaja competitiva para ganar la carrera por llegar primero al consumidor, cuando este último ya tiene conciencia de los riesgos que enfrenta su bolsillo.

En términos generales el público es vulnerable a la inestabilidad de precios, más que al incremento final. En otras palabras, la fluctuación provoca incertidumbre e inseguridad, pero cuando el precio del combustible se estabiliza, aunque sea más alto, lo acepta y vive con él. Según los expertos, el diesel es el combustible tradicional con mayor probabilidad de eficiencia. Es decir, de los tradicionales será el último en ser utilizado, sobre todo en sistemas que combinen otros productos.

A la utilización de variadas fuentes se le llama “Flex”, como en los vehículos cuyo funcionamiento necesita dos tipos de combustible: gas propano y gasolina o gasolina y alcohol. Los “Multiflex” son los capaces de moverse con gasolina, alcohol y gas propano. Los expertos en este tema son los brasileños, quienes han incursionado en ese campo con bastante éxito. Esta idea no es nueva, porque ya en la Segunda Guerra Mundial se usaron camiones y vehículos de asalto con motores tolerantes a varios tipos de combustibles y de distintas calidades.

Un **vehículo de combustible alternativo** es un vehículo a motor fabricado con capacidad de operar con combustibles alternativos, son aquellos que suministran energía al motor sin depender exclusivamente de los combustibles derivados del petróleo, como la gasolina y el diésel. Entre los vehículos de combustible alternativo se incluyen los vehículos (eléctricos, híbridos, flex, gas natural, solares e hidrógeno).

Entre 2008 y 2009 había en circulación en el mundo alrededor de 34 millones de vehículos de combustible alternativo y tecnología avanzada, representando casi 5% de la flota mundial de vehículos livianos. Las mayores flotas de vehículos de combustible alternativo y tecnología avanzada en el mundo son:

- Alrededor de 19,3 millones de vehículos flexibles (2009), circulando con mezclas de etanol y gasolina, principalmente en Brasil (9,3 millones), Estados Unidos (9,0 millones), Canadá (600 mil) y Europa, liderada por Suecia (181 mil).
- Alrededor de 9,6 millones de vehículos de gas natural vehicular(2008), encabezado por Pakistán (2,0 millones), Argentina (1,7 millones), Brasil (1,6 millones), Irán (1,0 millón) e India (650 mil).
- Entre 2,4 y 3 millones de vehículos de alcohol puro (Brasil), de los 5,7 millones de vehículos livianos fabricados desde 1979 para funcionar solo con etanol.
- Más de 2,5 millones de vehículos híbridos eléctricos (2009), liderados por Estados Unidos con 1,6 millones, Japón (más de 640 mil) y Europa (más de 235 mil). A nivel mundial los modelos híbridos fabricados por Toyota Motor Corporation sobrepasaron la marca histórica de 2 millones de vehículos vendidos (agosto 2009).

Actualmente en España se puede comprar varios modelos de coche que utilizan combustibles alternativos o tecnologías híbridas (combustión-eléctricos).



El mayor obstáculo a vencer por la tecnología multiflex es la falta de infraestructura de distribución. Este paso ya se ha dado en otros países, por ejemplo, en Argentina y Brasil las estaciones de servicio expenden más gas propano que gasolina o diesel.

### 6.6.1 Vehículos Eléctricos

Un **vehículo eléctrico** es un vehículo de combustible alternativo impulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales, los motores inerciales, o aplicaciones del magnetismo como fuente de propulsión, como es el caso de los trenes de levitación magnética.

A diferencia de un motor de combustión interna que está diseñado específicamente para funcionar quemando combustible, un vehículo eléctrico obtiene la tracción de los motores eléctricos. Se clasifican según las fuentes de energía eléctrica. Energía almacenada a bordo con sistemas recargables, que cuando se estacionan almacenan energía que luego consumen durante su desplazamiento. Las principales formas de almacenamiento son:

**Energía química:** almacenada en las baterías vehículo eléctrico de batería.

**Energía eléctrica:** almacenada en súper condensadores; baterías de litio.

**Energía cinética:** con volante de inercia sin rozamiento.

**Energía recargable:** y un sistema de conexión directa permanente.

**Energía recargable:** y un sistema basado en la quema de combustibles, incluye la generación eléctrica con un motor de explosión y la propulsión mixta con motor eléctrico y de combustión.

Los vehículos eléctricos destacan por su alto rendimiento en la transformación de la energía eléctrica de la batería en la energía mecánica con la que se moverá el vehículo (60-75%), frente al rendimiento de la transformación de la energía del depósito de gasolina en la energía mecánica que mueve un vehículo de gasolina (45-50%).

El presente y futuro de las baterías del vehículo eléctrico parece pasar por la batería de ión de litio, que cada vez se fabrica con mayor densidad de carga y longevidad permitiendo mover motores más potentes, aunque por ahora la autonomía media de un utilitario eléctrico se encuentra en torno a los 150 km. No obstante, deportivos eléctricos más caros han conseguido aumentar esa autonomía hasta los 483 km, como el modelo de 70 kWh del Tesla Roadster.

Actualmente, el 70 % de la población europea vive en ciudades o en sus alrededores. Asimismo, estudios recientes de Toyota sobre patrones de desplazamientos urbanos en Francia y el Reino Unido han mostrado que más del 80 % de los desplazamientos en coche cubren menos de 25 km de distancia. En Francia, el 55 % de los desplazamientos son de menos de 10 km, mientras que en el Reino Unido esa cifra asciende hasta cerca del 80 %. Se espera que la demanda de vehículos para distancias cortas aumente en los próximos años y, en este contexto, el futuro de los vehículos eléctricos para la movilidad sostenible a corto y medio plazo está asegurado.



## 6.6.2 Vehículos de Hidrogeno

Un **vehículo de hidrógeno** es un vehículo de combustible alternativo que utiliza hidrógeno diatómico como su fuente primaria de energía para propulsarse. Estos vehículos utilizan generalmente el hidrógeno en uno de estos dos métodos: combustión o conversión de pila de combustible. En la combustión, el hidrógeno se quema en un motor de explosión, de la misma forma que la gasolina. En la conversión de pila de combustible, el hidrógeno se convierte en electricidad a través de pilas de combustible que mueven motores eléctricos de esta manera, la pila de combustible funciona como una especie de batería.

El vehículo con pila de combustible se considera un vehículo de cero emisiones porque el único subproducto del hidrógeno consumido es el agua, que adicionalmente puede también mover una micro-turbina ( automóvil de vapor).

El reto para convertir el hidrógeno en combustible está en su **almacenaje**. Ahora mismo se perfilan tres opciones: el hidrógeno líquido a  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el presurizado a 700 bares. El primer sistema confiere mayor autonomía (hasta 400 km) sin embargo, debe evacuarse hidrógeno para evitar que el calor ambiental provoque sobrepresiones. En contra del presurizado tan sólo pesa la menor autonomía (unos 270 km) pero con mayor seguridad. Además el presurizado tiene a su favor que es más fácil de conservar en las hidrogeneras o estaciones de servicio para recargar los depósitos de combustible.

Las hidrogeneras pueden obtener el hidrógeno por electrolización del agua con la energía eléctrica renovable excedentaria como la producida por los parques eólicos o los paneles solares instalados como cubierta de un parking público. La fabricación de hidrógeno por electrólisis es la menos eficiente (rendimientos del 15 % al 25 %), pero una vez comprimido y almacenado a bordo del vehículo este hidrógeno supera el 75 %.

En cambio cuando el hidrógeno se extrae del metano, el rendimiento de este proceso es mayor (hasta un 75 %), pero el rendimiento global valorando todo el proceso se sitúa en torno el 48-60 %. Por todo ello los motores de hidrógeno dan un rendimiento del 55 % frente al 40 % que alcanzan los motores de combustión interna.



Imagen 6.6.2 Funcionamiento de Vehiculo de Hidrogeno  
Hidrogenera experimental  
de HONDA

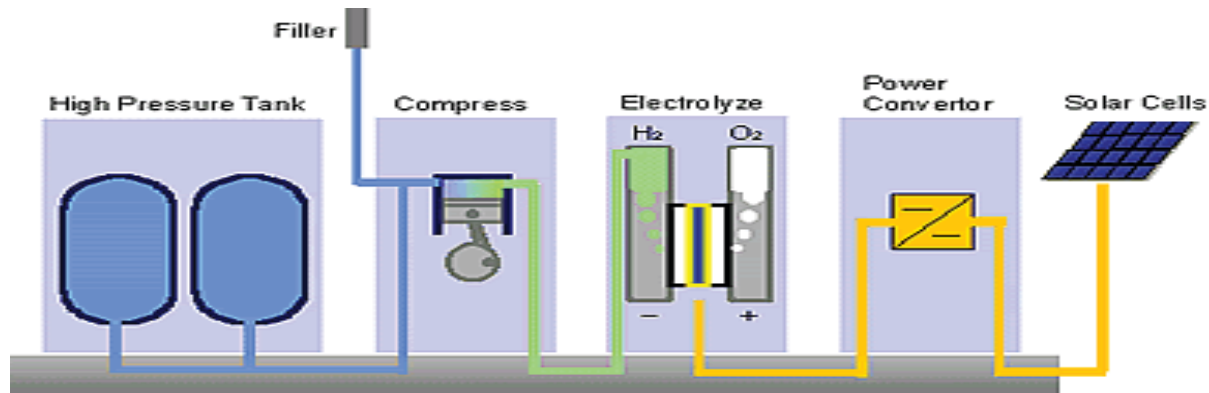


BMW de combustión  
interna con hidrógeno



Opel Zafira con célula de  
combustible de hidrógeno

La tecnología de impulsar un automóvil con un generador eléctrico trifásico y asíncrono que lleva integrado un cambio de tipo planetario. Marcas como BMW, DaimlerChrysler, Ford, General Motors, Honda, Mazda, Opel, Peugeot y Toyota entre otras disponen ya de sus prototipos. BMW con el 745h, Daimler-Chrysler, con su modelo NECAR, Honda con el FCX V3, Opel con el Zafira-HidroGen3 y Toyota con el FCHV-4 están en la parrilla de salida para la automoción con hidrógeno.



Esquema 6.6.2a Producción de hidrógeno por electrolisis

### 6.6.3 Vehículos Híbridos

El sistema híbrido no es una alternativa a los motores de gasolina o diesel, sino una mejora que aumenta la eficiencia de los automotores existentes.

Además de disminuir el consumo de combustible, los vehículos híbridos resultan particularmente eficaces en la reducción de las emisiones. Generan emisiones más limpias que los vehículos con motor diesel convencionales, y menos CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM que los vehículos con motor de gasolina.

La tecnología Hybrid Synergy Drive® ha sido fundamental para el éxito global del multipremiado Prius. En la historia de esta brillante obra de la tecnología, las tres generaciones del vehículo – 1997, 2004 y 2009– han ido experimentando mejoras considerables en los sucesivos desarrollos.

El sistema híbrido de Toyota, con un aumento de la potencia del sistema superior al 30 %, y sin embargo una reducción del consumo de carburante y de las emisiones de CO<sub>2</sub> en torno al 25 %. Este tipo de vehículos ofrece actualmente un consumo de combustible en ciclo combinado de 3,9 l/100 km, y unas emisiones de CO<sub>2</sub> de apenas 89 g, una cifra no igualados por ningún otro Vehículo familiar. Como reflejo del liderazgo medioambiental en el camino hacia la movilidad sostenible, el sistema Hybrid Synergy Drive® se sitúa como la tecnología central aplicable a todos los modelos en el futuro. El sistema ha sido diseñado específicamente para ser idóneo en el futuro, adaptándose fácilmente para su uso en vehículos recargables (PHV, Plug-in Hybrid Vehicles), vehículos eléctricos (EV, Electric Vehicles) y vehículos de pila de hidrógeno (FCHV, Fuel Cell Hybrid Vehicles).



En reconocimiento de la importancia de la diversificación energética, el programa de vehículos recargables (PHV, Plug-in Hybrid Vehicles) supone un paso más allá en el ámbito de la movilidad urbana sostenible.

Por ello, se ha determinado que, a la luz del progreso actual en el desarrollo de baterías, el sistema híbrido recargable es la solución tecnológica más viable a corto y medio plazo para la electrificación de los motores.

El híbrido recargable supone la introducción de las baterías de ión de litio en un vehículo híbrido, por dos motivos principales. En primer lugar, al tener una mayor densidad energética por volumen, son más compactas que las de hidruro de níquel, de modo que ofrecen un incremento considerable de la autonomía en modo EV con unos inconvenientes mínimos debidos al peso o el diseño.

En segundo lugar, se pueden recargar mucho más rápidamente que las alternativas de hidruro de níquel. La batería del híbrido recargable se puede cargar completamente en una hora y media conectándola a una toma doméstica estándar de 230 V.

La batería de ión litio del híbrido recargable tiene el doble de capacidad que la del de tercera generación, que proporciona al vehículo una velocidad máxima de 100 km/h conduciendo en modo EV. Con la batería completamente cargada, la autonomía del modo EV del PHV se ha incrementado hasta unos 20 km.

El híbrido recargable presenta una reducción del 30 % del consumo de combustible en ciclo combinado con respecto a modelos anteriores del mismo tipo (2,6 l/100 km menos), y genera unas emisiones de CO<sub>2</sub> de sólo 59 g/km. (en ciclo combinado)



## Capítulo VII MODELOS DE EVALUACIONES

En este capítulo se hace una descripción detallada de las formulas, métodos y ecuaciones utilizadas tanto para la obtención de cantidades de emisiones contaminantes como de los resultados de externalidades (morbilidad y mortalidad).

### 7.1 EVALUACIÓN DE FACTORES DE EMISIONES (HC, NO<sub>x</sub>, CO)

Las siguientes Ecuaciones fueron utilizadas para obtener los g/l de los respectivos compuestos x (CO, HC, NO<sub>x</sub>), que son la base para calcular el total de toneladas de emisiones.

Los factores de emisión expresados en gramos por litro de combustible pueden calcularse, para cada uno de los contaminantes, utilizando las ecuaciones 1 a 3, cuando se dispone de las concentraciones en el escape. El denominador de las ecuaciones representa la suma de los átomos de carbono en el escape; el factor 12 es la masa atómica del carbón.

Las ecuaciones están escritas para concentraciones de hidrocarburos expresadas como equivalentes de propano; el factor 3 en el 54 denominador es necesario para convertir las moléculas de propano en átomos de carbono.

A pesar de que el detector remoto mide las relaciones CO/CO<sub>2</sub>, HC/ CO<sub>2</sub>, NO/CO<sub>2</sub> directamente, los datos son generalmente reportados como concentraciones en el gas de escape, % de CO, ppm de HC y ppm de NO, por lo que Q, Q' y Q'' deben ser nuevamente calculados como relaciones de éstos con el CO<sub>2</sub>, (Pokharel *et al*, 2002)

$$\frac{gCO}{l_{COMB.}} = \frac{Q}{Q + 1 + (3 \times 2.2 \times Q')} \times \frac{FC \times \rho \times PM}{12} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\frac{gHC}{l_{COMB.}} = \frac{2.2 \times Q'}{Q + 1 + (3 \times 2.2 \times Q')} \times \frac{FC \times \rho \times PM}{12} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\frac{gNO}{l_{COMB.}} = \frac{Q''}{Q + 1 + (3 \times 2.2 \times Q')} \times \frac{FC \times \rho \times PM}{12} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde: Q son las relaciones de cada contaminante con el CO<sub>2</sub>:

$$Q = \frac{CO}{CO_2} \quad Q' = \frac{HC}{CO_2} \quad Q'' = \frac{NO}{CO_2}$$

Siendo:

FC = Fracción de carbón en la gasolina

ρ = Densidad de la gasolina

PM = Peso molecular del gas



Las concentraciones de los contaminantes reportadas en cada segmento se capturaron en una base de datos para posteriormente calcular los factores de emisión para el CO, HC y NO en gramos de contaminante por litro de combustible ( $gE/ICOMB$ ) utilizando la ecuación de balance de carbono siguiente:

$$\frac{gE}{I_{COMB}} = \frac{\%E}{\%CO + \%CO_2 + \%HC} \times \frac{FCX\rho XPM}{12} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde %E, se refiere a la concentración de la especie que se quiere cuantificar (CO, HC, NO) y %CO, %CO<sub>2</sub>, y %HC denota las concentraciones de las especies presentes en las emisiones de escape en fracción mol (las concentraciones de hidrocarburos en este caso se consideran como átomos de carbono).

El segundo factor de la ecuación 4 considera la fracción de carbón de la gasolina ( $FC = 0.866$ ), la densidad de la gasolina ( $\rho = 732 \text{ g/l}$ ) y los pesos moleculares ( $PM$ ) de 28 y 30 para CO y NO, respectivamente, en tanto que para los hidrocarburos se considera de 14, asumiendo una relación CH<sub>2</sub> en el combustible.

En los inventarios de emisión base-recorrido, cada subgrupo de vehículos en que se divide el parque vehicular se segrega por año-modelo con su correspondiente factor de emisión, y se le asigna a cada uno un recorrido promedio diario o anual, para determinar en cada caso su aportación en el inventario total.

En la metodología base-combustible, para calcular la emisión total de contaminantes, se utilizan un factor de emisión ponderado para todo el parque vehicular ( $M$ ), el cual se multiplica por las ventas regionales de gasolina. El procedimiento para obtener los factores de emisión  $M$  se describe a continuación.

En esta metodología la fracción de actividad ( $f_{yv}$ ), se calcula con la Ecuación 5 y se refiere a la frecuencia con que cada subgrupo de vehículos por año-modelo pasa a través del detector remoto de emisiones, obteniéndose directamente de los registros observados en los 12 sitios de muestreo, como se observó en la Gráfica 3.7, (Anexo H)

$$f_{yv} = \frac{n_{yv}}{N}$$

**$y = \text{Año} - \text{modelo del subgrupo}$**   
 **$v = \text{Subgrupo de vehículos}(\text{automoviles, comerciales ligeros, SUV, etc.})$**   
 **$f = \text{Fracción de actividad del subgrupo}$**   
 **$n = \text{Número de mediciones del subgrupo}$**   
 **$N = \text{Número total de mediciones}$**

(Ecuación 5)





La fracción de combustible utilizada por cada subgrupo de vehículos ( $r_{yv}$ ) se calcula por medio de la Ecuación 6, utilizando el rendimiento de combustible promedio  $R_{yv}$  y la fracción de actividad  $f_{yv}$  (Singer & Harley 2000).

$$r_{yv} = \frac{\left(\frac{f_{yv}}{R_{yv}}\right)}{\sum_{v=V_1}^{V_n} \sum_{y=Y_1}^{Y_n} \left(\frac{f_{yv}}{R_{yv}}\right)} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

$R_{yv}$  = Rendimiento de combustibles por  
año – modelo y subgrupo  
 $Y_1..Y_n$  = Los diversos años – modelo medidos  
 $V_1..V_n$  = Los subgrupos de vehículos medidos  
 $R_{yv}$  = Rendimiento de combustibles por  
año – modelo y subgrupo

Finalmente, los factores de emisión promedio para cada subgrupo de vehículos ( $E_{yv}$ ) se ponderan por la fracción del total de combustible utilizado por cada subgrupo de vehículos ( $r_{yv}$ ), para obtener el factor de emisión promedio de la flota vehicular ( $M$ ) para cada contaminante, de acuerdo con la Ecuación 7, (Pokharel *et al*, 2002b).

$$M = \sum_{v=V_1}^{V_n} \sum_{y=Y_1}^{Y_n} r_{yv} E_{yv} \quad (\text{Ecuación 7})$$

**TODAS LAS ECUACIONES (1-7) y FACTORES DE CONVERSION PARA OBTENCION DE EMISIONES CONTAMINANTES, FUERON OBTENIDAS DE LA TESIS: ESTIMACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE GASOLINA Presentada por: Ing. Luis Leobardo Díaz Gutiérrez (IMP).**

## 7.2 EVALUACIÓN DE CONTENIDO TOTAL DE AZUFRE

EL Azufre contenido en los combustibles, por especificación de norma se contabiliza en **ppm**, por tal motivo se debe hacer una conversión en la que se pase de unidades de ppm a gramos, con lo cual se podrá contabilizar contenido total de azufre. A diferencia de los compuestos de emisiones contaminantes, ya que como se explico anteriormente el factor obtenido ya contiene la conversión mencionada y las unidades son g/L.

**1ppm= 1µg (micro gramos) por lo tanto**

a)  $(X \mu\text{g})(\text{Total d L}) = \text{Total de } \mu\text{g}$  (Ecuación 8)

b)  $Ton = \left(\frac{\text{Total de } \mu\text{g}}{1 \times 10^{-9}}\right)$  (Ecuación 9)



### 7.3 MODELO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO SALUD

a) Ecuaciones utilizadas para obtener el factor de ingesta

Ecuación para un consumo de Inhalación de fracción es:

$$iF_{compariment} = \frac{QP}{uH\sqrt{A}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

- 1) Q= Representa la frecuencia respiratoria promedio de la población  
\*Dato obtenido de estudio de salud sobre respiración.  $\left(\frac{m^3}{(personas)(segundo)}\right)$
- 2) P= Es la población
- 3) u= es la velocidad del viento como promedio durante la altura de mezcla  $\left(\frac{metro}{segundo}\right)$
- 4) H= altura promedio de ubicación (m)
- 5) A= es el área de suelo urbano (m<sup>2</sup>)

b) Coeficiente de impacto a la salud

Obtenido de las estadísticas de salud por el INEGI (Estadísticas de salud 2007) = 7.9 %, en esta ocasión es un parámetro muy alto ya que es generalizado de todas las enfermedades de vía respiratoria, ya que en México no existen estadísticas específicas de cada una de ellas (Resfriado, Sinusitis, Neumonía, Enfisema Pulmonar, Gripe, Tos, Rinitis, etc.). En la ecuación por requerimiento del modelo matemático de CEPAL se utiliza como porcentaje de 1, es 7.9 %

c) Tasa de Referencia Anual

Obtenido de las estadísticas de salud por el INEGI (Estadísticas de salud 2007). Es la variación de aumento que se tiene en el año con respecto al tipo de enfermedad, que es de 20 % este parámetro es alto porque también es generalizado, y En la ecuación por requerimiento del modelo matemático de CEPAL se utiliza como porcentaje de 1, que es 20 %

d) Frecuencia respiratoria promedio de la población

En el valle de México se tiene que es de 22 a 24 por minuto debido a la altura que se tiene sobre el nivel del mar (2240 m. en promedio).

Para determinar los efectos sobre la exposición (IMPACTO A LA SALUD, método aceptado por CEPAL), de la concentración-respuesta (CR), las funciones que se combinaron con la media de la población y la tasa de inhalación.

La ecuación general es la siguiente:

$$\Delta_{casos\ i,j} = \frac{iFjXEjXCRiXi}{BR} \quad (\text{Ecuación 11})$$



Donde:

$iF_j$ : Representa a la fracción de la ingesta de  $j$  área

$E_j$ : Es el cambio en las emisiones de mg de Azufre por área

$CR_i$ : Es la respuesta de la concentración coeficiente de impacto en la salud  $I$

$li$ : Es la tasa de referencia anual para  $i$

$BR$ : Es la frecuencia respiratoria promedio

## 7.4 MODELO DE EVALUACIÓN DE COSTO ECONÓMICO AL IMPACTO SALUD (EXTERNALIDAD)

### COEFICIENTE DE ELASTICIDAD

Existen varios métodos para estimar los costos de los impactos a la salud, los cuales incluyen: los costos de enfermedades (costos directos de su tratamiento que incluyen medicinas, hospitales etc.), disponibilidad de pago (DAP que es la cantidad de dinero que alguien está dispuesto a pagar por evitar un caso o reducir el riesgo de mortalidad o morbilidad), y pérdida de productividad (que es el tiempo de trabajo perdido, y por consiguiente las pérdidas en producción). En este estudio, se utilizó la unidad de DAP. En teoría, el DAP incluye el costo de salud más el dolor y sufrimiento que alguien experimenta, para obtener un intervalo de valores posibles. Se utilizaron datos ajustados a las condiciones económicas de México. El valor monetario de los impactos a la salud debido a la contaminación del aire fue calculado por separado para mortalidad y morbilidad. El valor de los daños a la salud fue calculado para asignar un valor monetario en cada caso y sumarlos a través de los impactos:

$$V_{T(\$ / a)} = \sum_i (DAP_{i(\$ / case)} \times \sum_j (I_{ij(cases/a)}))$$

(Ecuación 12)

Donde:  $I_{ij}$  es el número de casos (defunciones, hospitalizaciones, bronquitis etc.) de la  $i$ -ésima enfermedad por año, debido al  $j$ -ésimo contaminante y el  $DAP_i$  es el costo social por unidad del  $i$ -ésimo impacto.

Para los valores de DAP, incluimos un intervalo bajo, que se ajustaron al ingreso Mexicano. Se usa la siguiente ecuación para ajustar el DAP para el ingreso (Cesar, et.al., 2000):

$$DAP_{México} = DAP_{USA} \times \left( \frac{PIB_{México}}{PIB_{USA}} \right)^\varepsilon \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde  $\varepsilon$  es la elasticidad de ingreso; como no se conoce la elasticidad exacta, se usó un intervalo bajo de 2.0, donde los valores centrales de DAP junto con los límites altos y bajos de las afectaciones de salud que se presentan: como son mortalidad, bronquitis crónica y días de actividad restringida entre otros.

**Las ecuaciones (12 y 13), fueron obtenidas del informe: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS EMISIONES DE LA TERMOELÉCTRICA DE TUXPAN EN LA CALIDAD DEL AIRE.**

**Proporcionado por: DR. Gustavo Sosa Iglesias (IMP).**



## Capítulo VIII

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Observando los resultados reportados en los inventarios de emisiones de contaminantes criterio, los cuales son elaborados por parte de la Secretaría del medio Ambiente del gobierno del Distrito Federal dentro del periodo de los años 1994 a 2008 de la ZMVM.

Se puede ver que las cantidades de toneladas reportadas de **S** en este estudio de evaluación en comparación con las toneladas de **SO<sub>2</sub>** reportadas en los inventarios es casi el doble de cantidad, lo cual es un parámetro aceptable debido a que este estudio está basado en las emisiones generadas por litro de combustible utilizado en los vehículos automotores (fuentes móviles)

Otro estimado que fue emitido a la atmósfera en la ZMVM fue el monóxido de carbono (CO), las cuales fueron generadas básicamente por las fuentes móviles, éstas fuentes también generan óxidos de nitrógeno (NOx), y se puede comparar en estos caso que lo reportado en los inventarios en comparación con lo obtenido en este estudio hay una gran similitud, con lo que se puede afirmar que el modelo utilizado para la obtención de las cantidades de las emisiones contaminantes es muy viable para ser usado.

Por último un punto importante a tratar es la comparación de resultados obtenidos sobre la cantidad de emisiones contaminantes en este estudio con los resultados reportados en el **Tercer Almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas** en donde se describe el desarrollo de las emisiones contaminantes criterio y en donde se hace una clara explicación sobre el desarrollo de concentraciones de emisión de **SO<sub>2</sub>**, haciendo un desglose de datos (por hora, día, mes, año) en el periodo de los años 1997-2005.

Con esta comparación de resultados se observa como en el año 1997 se reporta un promedio ponderado de 0.0123 ppm así sucesivamente aumentando hasta el año 2000 con un promedio de 0.0177 ppm alcanzando un máximo y después descendiendo este valor hasta el año 2005 con un valor de 0.0123 ppm.

Además en este almanaque de acuerdo a su elaboración en base a estas concentraciones reportan a la ZMVM como la segunda zona metropolitana más contaminada del país de acuerdo con los tres indicadores utilizados (Número de días por arriba de la norma, Máximo anual de promedios de 24 hrs y Concentración promedio anual ponderado)

El único inconveniente en esta comparación es que, en este almanaque no hace distinción en la fuente (Fija y Móvil), este estudio se realiza tomando solo en cuenta las fuentes móviles (vehículos automotores a gasolina o diesel), con lo que la comparación solo se puede observar en cuanto a las tendencias a lo largo de este periodo de tiempo 1997-2005 años.

## CONCLUSIONES

En virtud de los resultados obtenidos de esta tesis, los cuales muestran que se obtienen diversos beneficios (ambientales, salud y vehiculares), al modificarse la especificación de los combustibles mexicanos, se llega a la conclusión, que el uso de Gasolinas y Diesel de Ultra Bajo Azufre tiene un Impacto positivo, al reducirse la emisión de gases contaminantes al ambiente en un 60%, tomando como base la tasa de emisión emitida actualmente.



Los países en desarrollo como MÉXICO tienen la necesidad de enfrentar el compromiso y desafío de mejorar el ambiente, por lo cual una de las estrategias más viables, radica en proveer la calidad necesaria de combustibles, a partir de establecer parámetros más estrictos en cuanto al contenido de azufre y compuestos nocivos para la salud. El compromiso de nuestro país para las futuras generaciones, lo sitúa en la atención inaplazable de reducir y mejorar el uso intensivo de los combustibles fósiles, ya que estos son un factor importante en el denominado “calentamiento global”.

En cuanto a los aspectos tecnológicos que se verán facilitados por la nueva calidad de los combustibles, permitirán el desarrollo de los vehículos de tecnología avanzada, aunado a la estrategia de mejora y sustitución del parque vehicular, ya que es del dominio público que un vehículo con 10 o más años de antigüedad, puede contaminar hasta cuatro veces más que un auto diseñado bajo nuevas especificaciones en control de combustión y emisión de gases contaminantes, partiendo de combustibles de ultra bajo azufre.

Así mismo, esta tesis se fortalece con el “estudio de externalidades” (citado como parámetro indicador de impacto en el objetivo), el cual es un análisis basado en un modelo matemático que nos predice los casos de afectación (salud, económico, administrativos, entre otros) y dan una idea muy cercana a la realidad del desarrollo de cada caso respectivamente.

En este sentido, es posible considerar los beneficios que se aportará por este cambio en la especificación de las gasolinas, ya que las nuevas especificaciones de los combustibles nos permitirán tener beneficios adicionales no solo en salud y cuidado al medio ambiente, sino también tendrá un impacto real e importante en diferentes áreas de investigación y desarrollo (vías de comunicación, aditivos de combustibles, lubricantes, materiales de construcción de vehículos, etc.) que ocupamos en nuestra vida diaria como son:

- Vehículos: Las nuevas características de los combustibles, permitirán la introducción de nuevas tecnologías (combustión, inyección, motor, convertidores catalíticos, materiales de construcción, etc.), permitiendo tener un transporte que sea posible sin sacrificar la comodidad y el desarrollo tanto tecnológico como económico por el bienestar de salud y del medio ambiente.
- Ambiental: Es un hecho, que se espera una mejoría en la calidad del aire, al disminuir la cantidad de hasta 65,000 toneladas anuales, lo que representaría hasta un 80% menos de emisiones (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, CO) y por lo tanto los ecosistemas en general se verán menos afectados (animales, plantas, ríos, etc.), así poder conservarlo con todo lo que nos provee (alimentación, vestido, etc.).
- Salud: A partir de los estudios de externalidades (Morbilidad y Mortalidad), es posible obtener estimaciones de factores de exposición-respuesta, datos absolutos de incidencia y/o prevalencia, adicionalmente de poder disponer de estimaciones sobre costos unitarios (términos monetarios) asociados a dichos impactos.
- Normatividad ambiental: El cambio de especificación de los combustibles, permitirá ajustar los parámetros de verificación vehicular a las autoridades gubernamentales, sustituyendo los actuales parámetros (laxos), por aquellos que aseguren una verdadera reducción de las emisiones contaminantes.



El objetivo adicional de este trabajo se cumplió, cuando se pudo comprender las consecuencias por el uso excesivo de los combustibles que afectan al ambiente y la salud, al desarrollarse y obtenerse el llamado “costo de tratamiento”. Que es una aproximación de mínimos (costos de enfermedades), causados por las afectaciones a la vía respiratoria y en la que se toman en cuenta todas las enfermedades (desde dolor de cabeza pasando por Bronquitis, Asma, Resfriado, Sinusitis, Enfisema Pulmonar, Rinitis, Tos, etc. hasta los días de actividad restringida).

Los costos de tratamientos de **MORBILIDAD** (Años 2005-2015, periodo que se considera necesario para poder abastecer a todo el país con los combustibles con las especificaciones indicadas en la **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005**), tienen una reducción de costo de unos \$225,212 millones de pesos (17,324 MM USD), que representaría una disminución del 60 % de casos de afectación de salud, al pasar de 438, 761,816 casos de afectación (sin la aplicación de la norma) a 158, 427,245 casos de afectación (con la aplicación de la norma).

En cuanto se refiere al rubro de **MORTALIDAD** se espera con la aplicación de la **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005**, también exista una disminución del 60% de casos de afectación, al pasar de 18,039,220 a 6,513,566 casos de afectación, lo que al aspecto económico respecta se espera un ahorro del 40% de gasto destinado en atención medica, al atender esta situación de salud (sin la aplicación de la norma) se gastaría alrededor de unos 16,600 millones de pesos (1,187 millones USD) y (con la aplicación de la norma) se espera un gasto de unos 9,970 millones de pesos (712 millones USD).

Estos resultados de costos son positivos, aun cuando se utilizan métodos globales muy conservadores (coeficientes “**C**” de valores bajos), de acuerdo a los modelos matemáticos y estadísticos de estimación usados. Los costos de todas estas medidas (La salud y vida de cualquier persona “edad, extracto económico, social o cultural” no tiene valor económico), deberían ser sufragados, una parte por las dependencias gubernamentales y otra parte por los consumidores de combustibles y vehículos, con un bajo impacto en su bolsillo.

## RECOMENDACIONES

- En el aspecto de apoyos gubernamentales, se desarrollo y aplico el “Programa de chatarrización” en el país, que es un esfuerzo por parte del Gobierno Federal, y tiene como objetivo la renovación del parque vehicular (vehículos con más de 10 años de antigüedad de cualquier marca y modelo), Sin embargo no cumplido con su objetivo, ya que la compensación económica por unidad desechada es insuficiente (10,000 pesos/unidad), por lo que se recomienda una actualización del programa y sobre todo una reevaluación económica por concepto de unidad desechada ó un cambio de estrategia que permita hacer un cambio del parque vehicular más rápido y eficiente.

- La introducción de normas (emisiones contaminantes y afectación a la salud) más estrictas y el abasto paulatino de los combustibles en el país con nuevas especificaciones, son una solución para mejorar la calidad del aire y la salud a nivel local, además se dé que puede ser a un costo razonable.



Considerando lo anterior, es muy importante indicar que la solución a la problemática ambiental en nuestras ciudades, no se resolverá con el cambio de combustibles, ya que la normalización o restricciones en los aspectos contaminantes de los combustibles, no es la solución “**perse**”, para que exista y se dé un cambio real en la calidad del ambiente, se deberán integrar cambios y ajustes en:

- La modernización del sector transporte, que reduzca las emisiones y el consumo de combustibles bajo indicadores que permitan dar un seguimiento por unidad transportada (pasajero/km, carga/km utilizando tecnología de punta).
- Renovando el parque vehicular, como aumentando las ventas de vehículos nuevos ya sean Diesel o gasolina (debido a la reducción de precios), además implementando el programa de verificación (gases contaminantes) en todo el país, y dejando de tener normalizaciones menos laxas, además de frenar la entrada de vehículos al país con tecnología obsoleta.
- Implementando un programa de mejora en el rendimiento de los vehículos automotores en el cual se tenga un mínimo de Km/L, sin importar el modelo o marca del vehículo.

Otro punto importante corresponde al Gobierno Federal en conjunto con el sector energético, salud y hacendario en dirigir una política energética, para ampliar las opciones de combustibles, no solo de origen fósil, sino dar apertura y facilidades para que se desarrolle e incentiven otros combustibles como los **NO** dependientes del petróleo (biocombustibles y alternativos). Además de que se planea la generación de más y nuevas inversiones con empleos en la producción de combustibles alternativos.

Otro objetivo adicional (Interpretar de forma adecuada las consecuencias, y reconocer los problemas originados por el uso de estos combustibles), se cumple cuando el reto de suma importancia es el proporcionar información **REAL Y VERÍDICA**, la cual debe ser obtenida de científicos y especialistas del tema para promover un cambio de conducta a fin de lograr un desarrollo integral de los seres humanos en armonía con la naturaleza.

Además otros retos importantes son los de crear, establecer, mejorar y actualizar, bases de datos a partir de estadísticas que cuenten con todo tipo de información (salud, económicos, geográficos más implícitos), ya que con los que cuenta el país actualmente, en ocasiones están faltos de información más precisa o con una investigación superficial, ya que afecta de manera importante a este tipo de estudios (externalidades) y da como resultado estudios un tanto alejados de la realidad.

Para esto principalmente dependencias gubernamentales (Secretaría de salud, INE, INEGI, SEP, SEMARNAT por mencionar solo algunas) deben invertir más capital tanto humano como de equipo y herramientas para una capacitación adecuada de su personal. De ejemplo tenemos a la secretaria de salud en la cual solo se invierte el 6.7 % del PIB nacional en el cuidado de la salud de la población siendo de 2.9 % público y 3.8 % privado ( del 6.7% se ocupa el 0.67% en enfermedades de vía respiratoria) y por lo tanto da como resultado que México ocupa el lugar número 67 (según la OMS, INEGI 2009) a nivel mundial, con esto se da una clara idea del por qué existe una mala calidad de atención a la población.



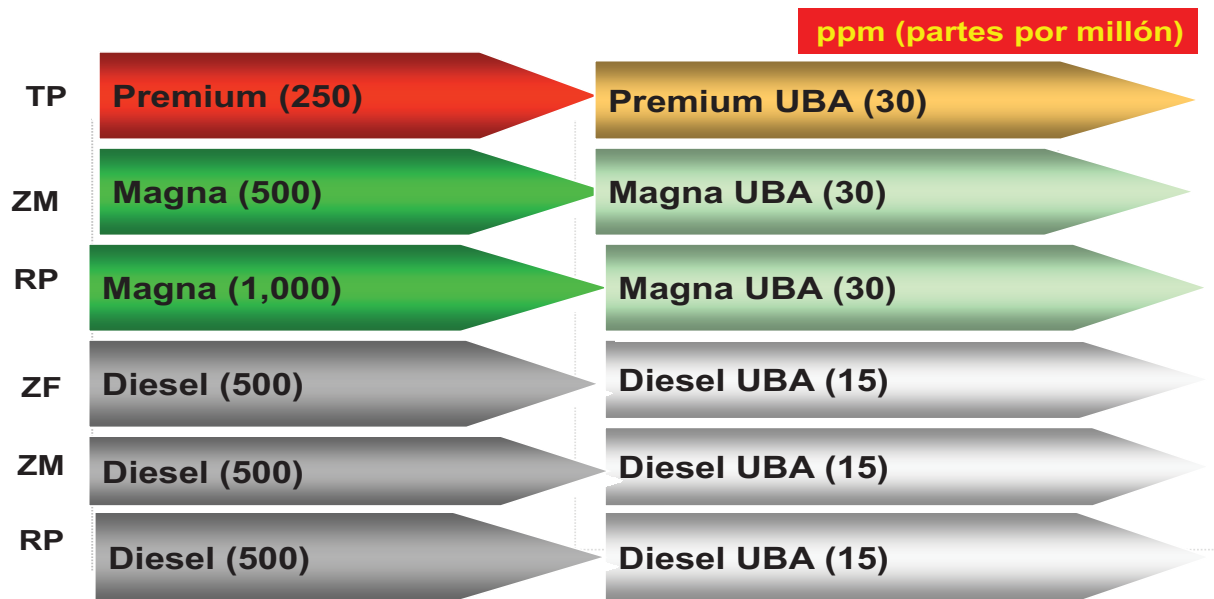
Finalmente, considero que MÉXICO enfrenta **RETOS** de suma importancia que tiene que afrontar, como es el caso de **EDUCACIÓN**, la cual debe constituirse en la principal herramienta para concientizar a los ciudadanos de todos los niveles sociales y económicos, ya que como todos sabemos “SE TIENEN VICIOS” (como el denominado “BRINCO” de vehículos en la verificación de gases contaminantes, además de hologramas falsos, incumplimiento del programa Hoy no circula, etc.).

### RECONOCIMIENTO

Por último las dependencias gubernamentales (SEMARNAT, SENER, SCFI, PEMEX) han hecho un esfuerzo por mejorar la calidad de los combustibles (gasolinas, diesel), este esfuerzo es muy significativo ya que desde de 1997 (año que se le quito el plomo a la gasolina) no había una modificación a los combustibles que beneficiara tanto a los consumidores y al medio ambiente.

La reducción de la concentración de azufre en las diferentes modalidades de cada uno de los productos, que en nuestro país, se han implementado son:

#### Modificación del contenido de Azufre en los combustibles



ZM Zonas metropolitanas: Valle de México, Guadalajara y Monterrey.  
 TP : Todo el país.  
 RP : Resto del país.  
 ZF: Zona Fronteriza Norte.

Este cambio de especificación en los combustibles que se utilizan en nuestro país, ha sido estructurado por las autoridades ambientales, a través de la Norma Oficial Mexicana **NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 “Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental”**, la cual al ser implementada, ha generado beneficios al ambiente, a los vehículos y a la salud de la población, lo cual en este trabajo se constatan.





### Bibliografía

1. León, C. Gabriel. Gasolinas. Petrolíferos Perfiles de Productos, 1991; 17: 7.
2. Hawley. Diccionario de Química y Productos Químicos. Nueva edición. Omega, Barcelona, 1993.
3. Montañó, Joaquín. La gasolina: Ayer, hoy y mañana. Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, 1991; 19: 22-30
4. Hunt, V. Daniel. Diccionario de Energía. Marcombo, México, 1984.
5. Schifter, Isaac. Usos y Abusos de la Gasolina. 2a Edición. Fondo de Cultura Económica, México, 2003.
6. Othmer, Kirk. Enciclopedia de Tecnología Química. Ed. Limusa, México, 1998.
7. Gary, James. Petroleum Refining: Technology and Economics. 3a Edición. M. Dekker, New York, 1994.
8. Jr, Thomson; P., David. Tecnología del Petróleo. 1a Edición. Ed. McGraw-Hill, México, 1988.
9. Raymond, Chang. Química. Sexta Edición. Ed. McGraw Hill, México, 2003
10. Chow, Pangtay Susana. Petroquímica y Sociedad. 3a Edición. Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 2002.
11. Martínez, Jerónimo. Situación Nacional del Consumo del Diesel y sus emisiones al aire. Revista IMIQ, 2003; 44: 228-232.
12. Baird, Colin. Química Ambiental. 2a Edición. Ed. Reverte, México, 2001.
13. Gruse, William Arthur. Motor Fuels, Performance and Testing. 3a Edición. Ed. Omega, Barcelona, 1964.
14. Sánchez, Homero. Educación Ambiental Ecología. 2a Edición. Ed. McGraw Hill, México, 1999.
15. American Society for Testing and Materials Annual book of ASTM Standards. Philadelphia, 2001.
16. Willard, Hobart H. Métodos Instrumentales de Análisis. Ed. Iberoamericana, México, 1991.
17. Skoog, Douglas Arvid. Principios de Análisis Instrumental. Ed. McGraw Hill, México, 1987.
18. Davis, Mackenzie L.; Masten, J. Susan. Ingeniería y Ciencias Ambientales. Ed. McGraw-Hill, México, 2005.
19. SSA, Gobierno del Estado de México, Gobierno del Distrito Federal, SEMARNAT. Programa para Mejorar la Calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.
20. Chamizo, Antonio. Química Terrestre. Fondo de Cultura Económica, México, 1991.
21. Jiménez, Cisneros Blanca. Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Ed. Limusa. México, 2001
22. Bailey, Ronald A.; Clark, Herbert M.; Ferris, James P.; Krause, Sonja; Strong, Robert L. Chemistry of the Environment. 2a Edition. Ed. Academic Press, Orlando Florida, USA, 2002.
23. GDF, SMA. Inventario de Emisiones para la ZMVM 2002, México.
24. GDF, SMA. Inventario de Emisiones para la ZMVM 2006, México.
25. Olivares, Manuel. Tecnologías para el mejoramiento de combustibles. Revista IMIQ, 1991;
26. ZAPATA ARROYO MARICELA TESIS: EL CONTENIDO DE AZUFRE COMO ESPECIFICACIÓN DE CALIDAD EN LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS PARA AUTOMOTORES USADOS EN LA ZMVM, 2006



## Medios Electrónicos

27. Elaboración de Gasolina en Pemex Refinación  
<http://www.ref.pemex.com/octanaje/26gas.htm>
28. El diesel <http://www.ref.pemex.com/octanaje/24DIESEL.htm>
29. Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas  
<http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/1757sp.pdf#search='OSHA%20hoja%20de%20seguridad%20del%20azufre'>
30. IMP Acerca del Petróleo, Composición <http://www.imp.mx/petroleo/composicion.htm>
31. - Reducción del contenido de azufre en el diesel  
[www.ecomundo.com.mx/aire/aire\\_20.htm](http://www.ecomundo.com.mx/aire/aire_20.htm)
32. Evolución de La Calidad del Diesel en México, Nicolás Rodríguez Martínez  
<http://www.franquiciapemex.com/octanaje/5evo.htm>
33. Productos Pemex Magna  
<http://www.ref.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=11&catID=23&subcatID=70>
34. Productos Pemex Premium  
<http://www.ref.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=11&catID=23&subcatID=71>
35. Productos Pemex Diesel  
<http://www.ref.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=11&catID=23&subcatID=68>
36. Modernización y control de calidad. Aplicación de avances tecnológicos en la instrumentación analítica de los laboratorios de las refinerías  
<http://www.franquiciapemex.com/octanaje/pmxref7.html>
37. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)  
<http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=2351>
38. Contaminación Atmosférica  
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/estudios/383/contatmo.html>
39. Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010  
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/282/molina.html>
40. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos  
[http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/tcfed/9.htm?s=Ley%20General%20del%20Equilibrio%20Ecol%C3%B3gico%20y%20la%20Protecci%C3%B3n%20al%20Ambiente%20\(LGEEPA\)](http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/tcfed/9.htm?s=Ley%20General%20del%20Equilibrio%20Ecol%C3%B3gico%20y%20la%20Protecci%C3%B3n%20al%20Ambiente%20(LGEEPA))
41. <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/LGEEPA.html>
42. Sobre la urgencia de revisar la normatividad ambiental en materia de emisiones vehiculares.<http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/articulos/vehiculos.html>
43. Normas Oficiales Mexicanas Contaminación Atmosférica Emisiones de Fuentes Móviles  
[http://portal.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/cont\\_atmosferica3.shtml](http://portal.semarnat.gob.mx/marco_juridico/cont_atmosferica3.shtml)
44. <http://www.semarnat.gob.mx/dof/enero06.shtml>
45. Instituto Nacional de Ecología (INE)  
<http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>
46. [http://www.paho.org/Spanish/D/DSpeech\\_WHD2008\\_spa.htm](http://www.paho.org/Spanish/D/DSpeech_WHD2008_spa.htm)
47. <http://www.mexicohazalgo.org.mx/docs/comunicadopemex.pdf>
48. <http://www.ref.pemex.com/octanaje/o69/o.htm>
49. <http://www.ref.pemex.com/octanaje/o67/o.htm>
50. <http://www.ref.pemex.com/octanaje/o66/frm.htm>



## GLOSARIO

### A

AICHE	American Institute of Chemical Engineering
AMDA	Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores

### C

CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CFC	Clorofluorocarbonos (compuestos de flúor)
CH <sub>4</sub>	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Bióxido de Carbono
COV	Compuestos Orgánicos Covalentes
CS <sub>2</sub>	Disulfuro de carbono

### D

DAP	Disposición a Pagar (Evaluación de costos por tratamiento, incluye el costo de salud más el dolor y sufrimiento que alguien experimenta)
DDT	Diclorodifenil-tricloroetano

### E

EGR	Recirculación de gases de escape
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EPA	Agencia de Protección Medioambiental Estadounidense
ETBE	Etil-Teer-Butil-Eter

### F

FCC	Desintegración Catalítica Fluida
FLEX	Denominación de utilizar varias fuentes para Vehículos que necesita dos tipos de combustible (gas propano-alcohol, gasolina-alcohol, gasolina-gas propano)
FMI	Fondo Monetario Internacional

### G

GEI	Gases de efecto invernadero
GLP	Gás Licuado de Petróleo
GNC	Gás Natural comprimido

### H

H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ácido carbónico
H <sub>2</sub> S	Ácido sulfhídrico



H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ácido sulfuroso
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
HAPs	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
HC	Hidrocarburos
HDS	Hidrodesulfuración
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico

## I

INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
IQ	Ingeniería Química
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

## L

LEV	Low Emissions Vehicles (Vehículos de baja emisión)
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

## M

MIT	Massachusetts Institute of Technology
MP	Material Particulado
MTBE	Metil-Ter-Butil-Éter
Multiflex	Vehículos capaces de utilizar (gas propano, gasolina y alcohol)

## N

NO	Oxido de Nitrógeno
NO <sub>2</sub>	Bióxido de Nitrógeno
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno

## O

O <sub>2</sub>	Oxígeno
O <sub>3</sub>	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud

## P

PCB	Bifenilos policlorados
pH	Escala de valores de acidez
PIB	Producto Interno Bruto
PICCA	Programa Integral para Combatir la Contaminación Atmosférica



PM	Material Particulado
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
ppt	Partes por trillón
PST	Partículas Suspendidas Totales

## R

RAMA	Red Automática de Monitoreo Atmosférico
------	---

## S

SCFI	Secretaria de Comercio y Fomento Industrial
SE	Secretaria de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaria de Energía
SI	Sistema Internacional de Unidades
SO	Monóxido de Azufre
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre como partículas de sulfatos
SO <sub>3</sub>	Trióxido de azufre
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
SSA	Secretaría de Salud

## T

TAD's	Terminales de Almacenamiento y Distribución
TAME	Ter-Amil-Metil-Eter
TIER	Time of Implementation for Emisión Regulations
TLEV	Transitional Low Emission Vehicles

## U

UBA	Ultra Bajo Azufre
UE	Unión Europea
ULEV	Ultra Low Emission Vehicles
UV-B	Radiación Ultra violeta

## Z

ZFN	Zona Fronteriza Norte
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMM	Zona Metropolitana de Monterrey
ZMVM	Zona Metropolitana Valle de México