

160
2ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

**El Uso de Gas Natural como Alternativa
para la Disminución de Emisiones
Contaminantes en el Medio
Ambiente**

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de
INGENIERA QUIMICA
P r e s e n t a
PERLA TREVIÑO PEREZ



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1997



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

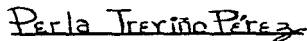
Presidente	Prof. ANAYA DURAND ALEJANDRO
Vocal	Prof. LOPEZ TORRES ARTURO
Secretario	Prof. JIMENEZ BEDOLLA JUAN CARLOS
1er. suplente	Prof. TEXTA MENA JOSE AGUSTIN
2do. suplente	Prof. LUNA PABELLO VICTOR MANUEL.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA : FACULTAD DE QUIMICA, U.N.A.M.

ASESOR : I. Q. JUAN CARLOS JIMENEZ BEDOLLA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Juan Carlos Jimenez Bedolla', is written over a horizontal line. The signature is somewhat stylized and includes a circular mark.

SUSTENTANTE : TREVIÑO PÉREZ PERLA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Perla Treviño Pérez', is written over a horizontal line. The signature is written in a cursive style.

A MIS PADRES:

DRA. MARIA DEL CARMEN RECERRIL .

Gracias a ti he llegado hasta donde estoy, y me has dado las bases para proseguir en el camino de la vida con toda tu sabiduría, amor y comprensión. Lo que tengo y lo que soy te lo debo a ti porque me has guiado y orientado para ser cada día mejor, me has aceptado con mis defectos y virtudes y me has querido con todo el amor que llevas dentro de tu gran corazón. Porque tuve la enorme fortuna de tenerte a mi lado. Mil Gracias por ser mi madre.

DR. JOSÉ TREVIÑO ALONSO.

Me has apoyado y me has consentido durante toda mi vida, me has acompañado y alentado en mis estudios, has estado conmigo en mis fracasos y triunfos pequeños o grandes que fueran. Has sido un pilar en mi vida siendo lo que eres : un gran padre. Gracias por tu cariño papá.

A MIS HERMANOS :

DRA. SANDRA TREVIÑO PÉREZ.

Por el gran apoyo que siempre me brindaste, por orientarme y preocuparte por mí, por tu cariño y comprensión, que bueno que eres mi hermana.

LIC. AMBAR TREVIÑO PÉREZ.

Por esa alegría que emanas por donde pasas, por los grandes momentos de diversión y alegría que compartimos, por tu cariño y apoyo, muchas gracias.

DR. SERGIO TREVIÑO PÉREZ.

Por la compañía que siempre me diste, por los gratos momentos que pasamos juntos y porque eres mi hermano, gracias.

A MI ASESOR DE TESIS :

I.Q. JUAN CARLOS JIMENEZ BEDOLLA.

Cada una de las páginas de éste trabajo conlleva el toque distinguido de un talentoso profesionalista, quien con esfuerzo y dedicación ha contribuido a la culminación tan anhelada de una etapa más en mi vida profesional.

MIL GRACIAS

I. Q. M. FRANCISCO J. MORALES TORRES.

Por tu comprensión, paciencia, y gran amor que me has profesado desde el día que te conocí, por ser un gran hombre al que tengo la dicha de tener a mi lado. Paco, gracias por alentarme a ser mejor cada día con todo tu amor.

I. Q. ARTURO LÓPEZ TORRES.

Por su apoyo, ayuda y consejos en la elaboración de este trabajo, y al que aprecio y considero brillante profesionalista y gran ser humano.

Q. JOSÉ EZEQUIEL GUTIERREZ GÓMEZ.

Por distinguirme con su amistad, y por sus valiosas y apreciables enseñanzas que aprendí durante el transcurso de mi servicio social.

A MI QUERIDA FACULTAD DE QUIMICA.

En la cual he aprendido lo valioso del estudio, y en la que desarrollé mis estudios profesionales, preparándome para el futuro.

A MIS MAESTROS

Con gratitud y respeto por las enseñanzas recibidas

A MIS AMIGOS.

Con agradecimiento por brindarme su amistad y compañerismo.

INDICE

CAPITULO III. DISTRIBUCION Y USO DEL GAS NATURAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

3.1	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	53
3.2	RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MEXICO	53
3.3	USO DEL GAS NATURAL POR SECTORES ECONOMICOS	59
3.4	EXPECTATIVAS A MEDIANO PLAZO	61

CAPITULO IV. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

4.1	GENERALIDADES	62
4.2	PROPIEDADES COMO COMBUSTIBLE	63
4.3	CALIDAD DEL GAS NATURAL	65
4.4	ESPECIFICACIONES TECNICAS	66
4.5	GAS NATURAL LICUADO (GNL)	70
4.6	EQUIVALENCIAS	71
4.7	FLUIDOS CRIOGENICOS	73
4.8	LICUEFACCION DEL GAS NATURAL	75

CAPITULO V. APLICACIONES DEL GAS NATURAL Y SUS BENEFICIOS

5.1	USO DEL GAS NATURAL PARA DISMINUIR LOS EFECTOS CONTAMINANTES DE LOS VEHICULOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	84
5.2	SEGMENTOS DE MERCADO SUCEPTIBLES DE EMPLEAR GAS NATURAL COMPRIMIDO	86
5.3	ESTRATEGIAS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO	88
5.4	BENEFICIOS DEL USO DE GAS NATURAL PARA LA DISMINUCION DE EMISIONES CONTAMINANTES	97
5.5	DETERMINACION DE LA REDUCCION EN LOS NIVELES DE EMISIONES CONTAMINANTES	102

CONCLUSIONES	104
APENDICE	110
BIBLIOGRAFIA	121

INTRODUCCION

EL USO DE GAS NATURAL COMO ALTERNATIVA PARA LA DISMINUCION DE EMISIONES CONTAMINANTES EN EL MEDIO AMBIENTE

INTRODUCCION

La Ciudad de México y su área Metropolitana, al igual que otras grandes urbes, enfrenta serios problemas de contaminación del aire, agua y suelo, por lo que es importante buscar soluciones inmediatas para solucionar este fenómeno, mediante alternativas viables, en una amplia gama de procesos, que contribuyan a mejorar la calidad del medio ambiente en esta gran zona urbana.

El desarrollo del presente trabajo se conceptualiza como un análisis orientado a identificar el conjunto de factores y variables que intervienen en los procesos de contaminación del aire originados por vehículos automotores que circulan en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), así como a ponderar los efectos que ocasionan y considera las posibles soluciones de carácter general que se pueden instrumentar en lo tecnológico.

Por otra parte se formula un reconocimiento del estado actual del avance tecnológico, identificando aquellos susceptibles de ser aplicados en un programa representativo de conversión del parque vehicular para usar el gas natural como combustible alternativo, fundamentalmente del segmento del parque vehicular que registra intensos recorridos y que se presta al cambio por su capacidad de carga y antigüedad.

En la evaluación de los efectos de este conjunto de acciones instrumentales, destaca la determinación del impacto ambiental en términos de la posible reducción de emisiones contaminantes.

Durante el periodo anterior a 1990, la contaminación del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se incrementó en forma paralela al crecimiento del consumo de combustibles, lo que propició la adopción de un conjunto de medidas para enfrentar el problema.

El transporte de personas y mercancías constituye un elemento destacado para las actividades económicas y la necesidad de incrementarlo se traduce en mayor consumo energético que ocasiona niveles muy altos de contaminación.

Para atacar el problema se ha actuado en dos direcciones que se concretan en un uso más eficiente de la energía: La reconversión de la planta productiva y la incorporación de combustibles menos contaminantes y de alto rendimiento.

El análisis demográfico revela que en la década pasada el Distrito Federal creció a un ritmo de 0.9% anual, en tanto que la Zona Conurbada del Estado de México lo hizo al 6.0%, en conjunto alcanzaron un promedio de 2.6%, superior a la media nacional. En términos absolutos su población es de aproximadamente 15 millones de personas y constituye la metrópoli más grande del mundo, que se concentra en 1,479 km².

Son múltiples las fuentes de contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM); la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) estimó que en 1989 se emitían a la atmósfera 12 mil toneladas al día de contaminantes. La principal fuente de contaminación del aire la constituyen los vehículos de combustión interna a los cuales se ha asignado el 70% del total.

Las causas pueden ubicarse en dos contextos: el tecnológico, pues sólo hasta 1991 se inició la instalación de sistemas anticontaminantes en unidades nuevas y el incremento del parque vehicular, que para 1993 llegó a 2.3 millones de vehículos.

De este destacan los automóviles particulares con el 19% de los viajes persona/día, ocupan el 70% de la vialidad y consumen 15 veces más combustible por persona que el transporte colectivo.

Además la situación geográfica del Valle de México agrava el problema de la contaminación del aire, debido a la baja velocidad promedio de los vientos y la dirección en que circulan, que contribuyen a transportar los contaminantes de las zonas industriales al centro y sur de la ciudad.

También influye la altitud, ya que la menor concentración de oxígeno en el aire disminuye la eficiencia de la combustión en los motores, que se estima alcanza solo el 69%. A lo anterior se suma el clima, debido a que las bajas temperaturas provocan la inversión térmica, registrándose este fenómeno durante más de 180 días al año.

Los automotores de gasolina y diesel, arrojan a la atmósfera, como producto de la combustión, diversos contaminantes entre lo cuales destacan el monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas, además de plomo y precursores de ozono; este último resultante de reacciones de los hidrocarburos y óxido de nitrógeno. Todos ellos producen diversos efectos negativos en la salud.

La calidad del aire se expresa a través del Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), que se soporta en una metodología de cálculo a partir de dos puntos de quiebre, que son valores estadísticamente conocidos. Las rectas que unen los puntos de quiebre sirven para convertir valores de concentración de contaminantes en el aire a valores de una escala que va de 0 a 500 IMECAS.

Respecto al gas natural como carburante sustituto de los convencionales, el análisis indica que su producción, por ser "asociado" a la producción de aceite o petróleo crudo, tiene lugar en las tres regiones en que PEMEX divide el país: Norte, Sur y Marina. Los mayores volúmenes provienen de la Región del Sur y Sureste, siguiéndole en importancia la Marina y finalmente la Norte, con tendencia histórica a incrementarse en la primera y disminuir en las restantes.

El consumo, en un pasado reciente, muestra que parte considerable de la extracción se aplicaba al consumo interno de PEMEX disminuyendo la oferta disponible, que de 1990 a 1992 originó importaciones crecientes, registrando incrementos hasta del 130.6% anual, ya que la demanda nacional satisfecha es necesariamente equivalente a la oferta total.

A partir de 1993 por la corrección de los procesos internos de PEMEX se ha mejorado notoriamente su eficiencia e incluso se han exportado recientemente volúmenes marginales.

El sector eléctrico por su parte, ha incrementado su consumo de gas natural y absorbió en 1991 el 31.3% de la oferta nacional, en tanto que la industria disminuyó su participación al 61.7% en ese año, mientras el consumo doméstico se ha mantenido casi constante en el 7.0%.

La infraestructura para transporte y conducción de gas natural está integrada por tres redes principales: el Sistema Norte, la Línea Troncal y el Sistema Sur-Centro y

cuentan con una longitud total de 12,582.4 kilómetros de gasoductos que permiten incluso interconexiones con lo Estados Unidos.

Para la distribución de gas natural en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que arriba procedente del sur y el sureste, se dispone de una red de gasoductos de 206 kilómetros. Su consumo se destinó para 1992 en 73% al sector industrial, 24% al eléctrico y 3% a uso doméstico.

Al analizar el parque vehicular en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se identifica que alcanza 2.3 millones de unidades. Los segmentos mas importantes corresponden a autos particulares 71%, carga mercantil 15.7%, taxis 5.4%, carga local 2.03% y colectivos 1.9%.

Se concluye que el gas natural es un combustible alternativo para vehículos automotores, con ventajas comparativas amplias sobre otros carburantes y su uso generalizado puede coadyuvar a los esfuerzos para disminuir la contaminación ambiental en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Los segmentos del parque vehicular abocados a utilizarlo son los de uso intensivo, sobre todo carga mercantil y transporte de pasajeros.

Respecto a lo normativo en 1988 se expidió la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, que introdujo conceptos como la regulación de la utilización de reservas y recursos naturales, evitar la contaminación del agua y suelo y promover la participación popular.

En lo concerniente a la normatividad para evitar la contaminación ambiental, a partir de 1992 se inició un proceso para sustituir las normas técnicas ecológicas por Normas Oficiales Mexicanas, de acuerdo a lo dispuesto por la Ley de Metrología y Normalización, representando este conjunto de disposiciones el nivel de regulación más importante en la materia, ya que conjuga los principios de la última ley referida y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.

La revisión de experiencias internacionales, a partir de la década de los setenta, acerca del uso de gas natural como combustible en vehículos automotores, revela una evolución satisfactoria que ha demostrado su factibilidad técnica y económica. En todos

los casos, los programas de instrumentación están íntimamente ligados a diseño de un marco normativo adecuado. Se destacan las experiencias en los siguientes países:

- Italia.- Es el único país europeo en que el uso del gas natural ha alcanzado un desarrollo importante. A mediados de 1992, aproximadamente el 1% de su parque vehicular utilizaba combustible.

- Australia.- Recientemente inició un programa de estímulo al uso de gas natural con la finalidad de reducir su dependencia a las importaciones de petróleo, estableciendo la meta de reducir en 10% su consumo de combustibles en un lapso de 10 años.

- Argentina.- A partir de 1984 puso en marcha su Programa Nacional de Sustitución de Combustibles Líquidos, atendiendo a una estrategia sustentada en la abundancia de gas natural y reservas petroleras limitadas. A febrero de 1993 se convirtieron más de 200 mil vehículos.

- Nueva Zelanda.- También en este caso, la limitación de recursos naturales de petróleo motivó la sustitución de combustibles líquidos a partir de 1977. Sus metas consiguieron el 10% del parque vehicular. Para 1985 se alcanzaron más de 140 mil unidades convertidas, sin embargo han declinado los incentivos gubernamentales y consecuentemente el ritmo del programa.

- Canadá.- El programa data de 1977 y tiene un carácter experimental de evolución lenta, pero sostenida, alcanzando más de 35 mil vehículos convertidos.

- Estados Unidos.- El gas natural comenzó a emplearse en la década de los setenta en forma intensiva. El programa tuvo un desarrollo lento con motivo del bajo costo de la gasolina y la ausencia de incentivos. Medidas de protección ambiental impulsaron las acciones de uso de gas natural y en la actualidad disponen de 40 mil unidades convertidas.

Se han emitido en este país una amplia legislación ambiental que introduce incentivos a los usuarios a través de impuestos, subsidios y mandatos gubernamentales. Entre estos destaca la Ley del aire limpio (clean Air Act) de 1967, enmendada en 1970, 1974, 1977 y 1990. Esta legislación dio origen a un programa piloto en el Estado de California, que pretende alcanzar para 1996 un total de 150 mil unidades convertidas, cifra a elevarse a 300 mil en 1999.

Por otra parte en 1988 se expidió la Ley de Vehículos Propulsados por Combustibles Alternos, que estableció un programa para incentivar en las agencias federales, la compra y prueba de unidades que utilicen gas natural, metanol o etanol.

El gas natural es un combustible fósil formado por una mezcla de hidrocarburos de bajo peso molecular, principalmente metano en proporción del 83% al 98%, y que se obtiene en su mayor parte como gas asociado en la obtención del petróleo crudo, aún cuando también existen yacimientos de gas natural.

De entre sus propiedades, el poder calorífico que va de 1000 a 1040 BTU/pie cúbico, le hace el combustible ideal para motores ciclo Otto, sin embargo, ofrece la desventaja de una baja densidad energética en comparación con la gasolina.

Su ignición requiere ser inducida por una chispa, por lo que para su uso en motores diesel convencionales, estos deben convertirse a ignición por chispa o por agregarse diesel, para que se produzca la ignición del gas.

Para reducir su volumen y por lo tanto disminuir el volumen de almacenamiento, el gas natural requiere ser comprimido sometándolo a alta presión y enfriamiento en recipientes especiales a presiones de 2400 psi hasta 3600 psi. El método de transportación más difundido son los gasoductos, pero también es posible usar contenedores criogénicos ya que puede licuarse a bajas temperaturas. La calidad del gas natural influye de manera determinante sobre su poder calorífico. Altera sus valores, sobre todo, la presencia de gases inertes.

El uso de gas natural comprimido como combustible en vehículos automotores exige la creación y operación de una infraestructura de abastecimiento representada por una red de estaciones de suministro en la que se mantiene a elevadas presiones.

El vehículo a abastecer debe estar dotado con un recipiente capaz de recibir el gas a la presión de suministro y con equipo para disminuirla y transferirla al sistema de carburación a presiones ordinarias.

La estación de suministro debe estar interconectada al sistema de distribución del gas natural (gasoducto) de la cual recibe el producto a baja presión para comprimirlo mediante estaciones de compresión. En principio esto pone de relieve el papel de compresores y condiciona su localización a la cercanía de la red de ductos.

Otra alternativa para el uso de gas natural la representa su presentación como líquido. Esta se ha utilizado para almacenamiento y transportación a bajas presiones. La licuefacción se logra mediante enfriamiento a -126.7°C (-260°F) (Liquid Carbonic de México), con lo que se lleva de su fase gaseosa a la líquida.

El gas natural licuado puede transferirse directamente a los vehículos mediante conexiones de suministro criogénicas o también a través de bombeo a elevada presión, seguido de una vaporización de gas licuado y el suministro final como gas natural comprimido.

Dada la experiencia observada en otros países que han adoptado el GNC como carburante, existen a la fecha tecnologías probadas no solo en la infraestructura para el transporte y distribución del fluido, sino también en los sistemas de carburación de automotores a gasolina y diesel, así como también el desarrollo de motores, para el uso del GNC o del GNL. A su vez se han desarrollado tecnologías para las estaciones de suministro y reabasto a unidades convertidas.

Los testimonios respecto a los bajos niveles de contaminación ambiental que ofrece el gas natural, permiten aseverar que la ZMCM tiene accesibilidad a tal solución a través de la aplicación del GNC para el parque vehicular objetivo (camiones de carga mercantil y de transporte público), en beneficio de una mejor calidad del aire en la ZMCM.

CAPITULO I

LA CONTAMINACION DEL AIRE EN EL VALLE DE MEXICO

CAPITULO I

LA CONTAMINACION DEL AIRE EN EL VALLE DE MEXICO

La contaminación del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ZMCM, aumenta paralelamente con su crecimiento. El efecto es ocasionado por el incremento de la población y sus modalidades culturales y sociales; la generación de empleos, originada por la concentración de las actividades económicas, particularmente las industriales, así como por los movimientos y traslados que estas originan, dando lugar a un intenso transporte urbano de personas y mercancías.

El transporte urbano vincula las distintas actividades económicas a través del traslado de personas y mercancías. Constituye uno de los más importantes elementos de la estructura urbana. Al unir actividades, integra zonas y funciones de la metrópoli y homogeneiza las áreas urbanas, hace concurrir en el espacio a los principales factores de la producción: insumos, combustibles y fuerza de trabajo. El transporte público es el principal medio para trasladar la mano de obra de las zonas habitacionales hacia las áreas fabriles, de comercio de finanzas o de servicios básicos: hospitales, escuelas, centro comerciales y otros.

Sin embargo, el principal factor que explica la emisión de contaminantes en la ZMCM es el consumo de energía. Por tanto, es necesario analizar la evolución económica y las perspectivas, al mismo tiempo que las relaciones tecnológicas entre el bienestar y consumo cuantitativo y cualitativo de energéticos pues el de la contaminación, tal y como lo conocemos hoy día, tiene su origen en el modelo de desarrollo adoptado a partir de los años cuarenta. La dinámica económica alcanzada en la ZMCM, exige un uso intensivo de energéticos que ineludiblemente afecta la calidad del aire en el Valle de México.

Durante la última década el problema creció en forma vertiginosa y la tendencia indica que en los próximos siete años se podría duplicar el volumen de la contaminación de la ciudad de México y la zona conurbada.

1.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y ECONÓMICOS

Actualmente, en la Ciudad de México y zona conurbada, se concentran las más importantes actividades económicas, políticas y culturales del país. Este fenómeno es producto de la política de acelerado crecimiento industrial seguida después de la segunda guerra mundial, que propició una expansión urbana explosiva y sólo consideró parcialmente los costos sociales que implicaría su ejecución. Como consecuencia, el crecimiento demográfico y físico, la concentración industrial y el incremento desproporcionado del parque vehicular han provocado serios desequilibrios; entre ellos, un deterioro ambiental de considerable magnitud y gravedad.

El análisis demográfico revela que, mientras en la pasada década el Distrito Federal creció a un ritmo del 2.2% anual, los 17 municipios conurbados del Estado de México lo hicieron al 7.8%; de tal forma que la ZMCM registró en conjunto un crecimiento del 4.5% anual, cifra superior a la media nacional. Por otra parte en los últimos diez años, más de mil personas llegaron diariamente a la ciudad, atraídos por la expectativa de mejorar su situación económica y cultural. Ambos fenómenos confluyeron para formar en 1990 la metrópoli más grande del mundo con 17.3 millones de habitantes (10.8 millones en el D.F. y 6.5 millones en el Estado de México), en una superficie de apenas 1,292 Km².

Este fenómeno se gestó al margen de una tecnología y una infraestructura urbana adecuada, lo cual intensificó aún más la presión sobre la utilización de los recursos naturales de la región. El asentamiento de un total aproximado de 30 mil industrias, en su mayor parte en la zona norte de la ciudad, dio como consecuencia el incremento del flujo vehicular, para llegar a más de 3 millones de unidades entre autobuses, transporte de carga, automotores particulares y transporte público, que han contribuido al deterioro del medio ambiente, al emitir grandes volúmenes de contaminantes a la atmósfera.

1.2 FUENTES Y CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN

Hoy día, el valle de México es el espacio nacional que concreta la mayoría de las fuentes naturales y artificiales de contaminación: suelos erosionados, basura, filtraciones de aguas no tratadas, fábricas, talleres mecánicos, termoeléctricas, industrias químicas, del cemento y de fertilizantes, fundidoras, baños públicos, incineradores industriales y domésticos, millones de vehículos automotores de combustión interna y aviones. Cabe señalar que de acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL, en 1990 todas esas fuentes emitieron a la atmósfera 15 mil toneladas al día de contaminantes, cifra que a nivel mundial es la mayor cantidad de emisiones generadas en una sola ciudad. Adicionalmente, el viento levanta anualmente más de 350 mil toneladas de polvo en unas 41 mil 600 hectáreas de terreno.

El crecimiento de la mancha urbana, originado por la demanda de espacios para fines habitacionales y para las actividades industriales y de servicios, se ha resuelto a expensas de las zonas agrícolas y forestales, provocándose con ello un cambio irreversible en la calidad ambiental.

No obstante todo lo anterior, la principal fuente de deterioro ecológico la constituyen los vehículos de combustión interna, principalmente el automóvil, que en menos de dos décadas se convirtieron en los mayores generadores de contaminantes. Estudios elaborados por diversas organizaciones públicas y privadas en la década de los ochenta, les asignan del 75% al 85% del total de emisiones contaminantes. En el cuadro No. 1-1 se muestran estimaciones acerca del problema.

Cuadro No. 1-1
Contaminantes y combustible consumido por vehículos
en la ZMCM 1970-2000
(diario)
Combustibles(millones de litros)

AÑO	VEHICULOS (millones)	CONTAMINANTES (toneladas)	GASOLINA	DIESEL	TOTAL
1970		3,745	8.5	0.5	9.0
1971		4,233	8.2	1.1	9.3
1975			9.6	1.8	11.4
1978	1.6				
1980	2.0		13.4	3.0	16.4
1981					
1983	2.2	11,089			
1984			14.1	4.1	18.2
1985			14.9	4.3	19.2
1988	2.8	13,924	16.2	5.1	21.3
2000	4.2	20,375	21.7	7.9	29.6

Fuente: Comisión Nacional de Ecología, 1990

La contaminación generada por vehículos automotores en la ZMCM es hoy un problema de niveles críticos. Su origen es particularmente complejo pues no sólo es producto de las tecnologías de fabricación de los automotores, sino también de su proliferación, la cantidad y calidad de los combustibles que consumen, la complejidad y lentitud de la circulación vial, el tipo y antigüedad de los vehículos, los patrones de traslado de la población y las condiciones geográficas de la ciudad.

En el período comprendido entre los años de 1950 y 1990, el número de vehículos en el Distrito Federal aumentó más de 25 veces, mientras que la población lo hizo en apenas 4 veces; de tal forma que si en 1950 circulaba un vehículo por cada 36 habitantes, en 1990 circulan en la ZMCM más de tres millones de vehículos de todo tipo.

El uso creciente de los automotores genera efectos correlativos en la contaminación: el 95% se emplea para usos particulares, transporta el 19% de los combustibles persona-día (VPD), ocupa el 70% de la vialidad y consume 15 veces más combustible por persona que el sistema colectivo. El volumen de combustible que

consumen es muy elevado: entre 1970 y 1990 se incrementó más del doble y representó un tercio del total nacional. En 1990 se demandaron diariamente 15 millones de litros de gasolina, casi un litro por habitante y más de 5 millones de litros de diesel al día. Los registros de consumos de combustibles en el Valle de México, para el año de 1990, se presentan en el cuadro No. 1-2.

Cuadro No. 1-2
Ciudad de México, Consumo de combustibles

CONCEPTO	CANTIDADES
GASOLINA	15 MM l/día
DIESEL	5 MM l/día
COMBUSTOLEO	32 B b/día
GAS NATURAL	2 MM pc/día
GAS L.P.	2 M t/día

Fuente: Comisión Nacional de Ecología, 1990

Una estimación comparativa del volumen de combustibles consumidos entre los años de 1970 y 1990, refleja un crecimiento directamente proporcional con el de contaminantes emitidos. También está comprobada la relación directa entre la emisión de contaminantes con la velocidad de desplazamiento, la calidad de los combustibles y el flujo y la concentración de vehículos; a la enorme cantidad de vehículos se agrega su antigüedad y la falta de mantenimiento de los motores.

La devaluación de la moneda, el proceso inflacionario y la contracción económica del país han acentuado la tendencia al "carcachismo", en promedio los vehículos automotores tienen más de 10 años de antigüedad y alrededor del 30% del parque vehicular se encuentra en malas condiciones, esto a pesar de las medidas correctivas instrumentadas, como la doble verificación anual de los motores.

En efecto, la emisión de todos los contaminantes atmosféricos proviene, en buena medida, de unidades en mal estado que generan un consumo excesivo de combustibles en la cámara de combustión. Se estima que más del 85% de los vehículos circulan con mezclas de 13 partes de aire por una de combustión. Por otro lado, destaca la falta de

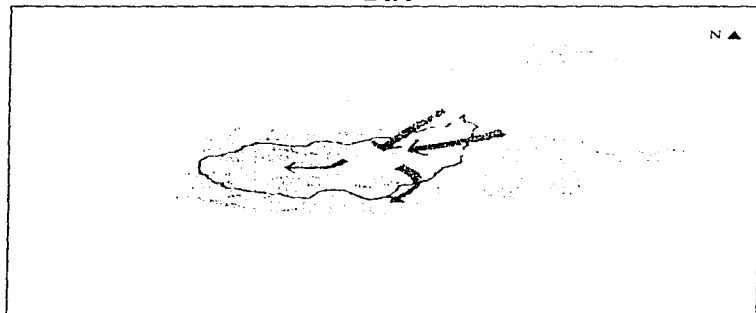
taponés de gasolina y el llenado de depósitos hasta su máximo nivel, ambas causas de emisiones evaporativas; la supresión de los termostatos y no sustituir periódicamente el filtro de aire, o bien, la falta de cámara libre en el tanque de gasolina que ocasionan un consumo excesivo de combustible; lo mismo sucede al calentar el motor por periodos de más de 30 segundos. Todo esto atañe directamente a la responsabilidad y conciencia ciudadana para abatir la contaminación.

Como alternativa se recomienda la utilización generalizada de sistemas de encendido electrónico en lugar de los platinos; la instalación de convertidores catalíticos y principalmente la incorporación de tecnologías de uso de combustibles limpios que logran reducir significativamente la contaminación, que son acciones que compete promover a las industrias automotriz y energética.

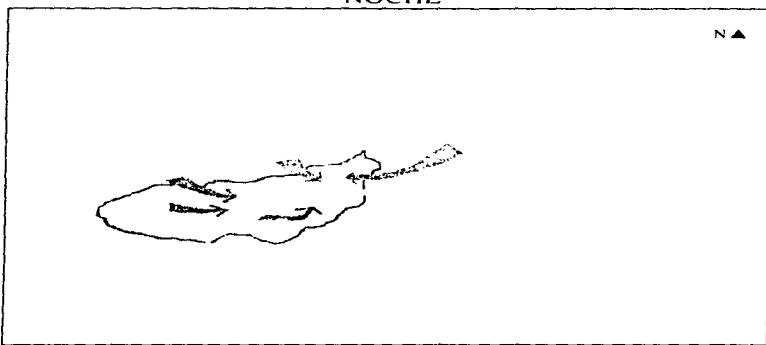
Otro factor que agrava el problema de la contaminación es la condición geográfica de la ciudad. Por estar situada en un Valle, la difusión de los contaminantes en la atmósfera es mínima cuando se reduce la intensidad de los vientos. La zona mantiene en promedio vientos de baja velocidad (10 Km/hr), que generalmente circulan de norte a sur y actúan como ventiladores en la dispersión de contaminantes hacia el centro, el sureste y el suroeste de la ciudad, la figura No. 1-1 ilustra este fenómeno. También influye la altitud, pues el bajo contenido de oxígeno provoca deficiencias en los procesos de combustión interna de los motores; en la ZMCM un metro cúbico de aire contiene 212 gramos de oxígeno, mientras que al nivel del mar alcanza 275 gramos. La eficiencia de combustión de un automóvil bien afinado es de 92% a nivel del mar, mientras que en el D.F. llega sólo a 69%.

Figura No.1-1
Flujo de Viento en el Valle de México

DÍA



NOCHE



Adicionalmente, el clima se suma al fenómeno de la contaminación. Las bajas temperaturas provocan el fenómeno de inversión térmica, que ocurre cuando la superficie de la tierra alcanza sus más bajos valores de enfriamiento, pues el aire que se encuentra cerca del suelo está más frío y por lo tanto es más pesado para ascender.

Cuando el suelo recibe la radiación solar, alcanza temperaturas más altas que el aire, durante las últimas horas del día o las primeras de la noche este calor vuelve a reflejarse hacia la atmósfera, provocando el calentamiento de la masa de aire que está en contacto con el suelo; tiende entonces a subir y es reemplazada por una masa de aire más densa que se queda atrapada en la superficie, ésta no puede ascender porque arriba de ella se encuentra la capa de aire caliente, formando un verdadero tapón; así los contaminantes quedan atrapados en los primeros metros de altura sobre la superficie. La inversión térmica se rompe cuando los rayos del sol calientan nuevamente las capas de aire y la superficie del suelo produce turbulencias que provocan la dispersión de contaminantes.

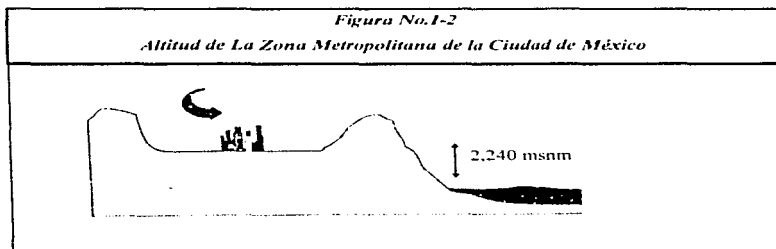
En la ciudad se registran anualmente más de 180 días de inversiones térmicas. Durante el invierno son más frecuentes, prolongadas y notorias; de 4 a 10 de la mañana la concentración de contaminantes es mayor pues la temperatura ambiente registra sus más bajos valores y la masa de contaminantes llega a su máxima estabilidad, por lo que su difusión es mínima. Este efecto ha reducido notoriamente la visibilidad de la ciudad; en 1940 era de 13 Km en promedio y para 1990 sólo de 2 Km.

En resumen, las características que determinan que el problema de la contaminación atmosférica sea diferente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, al de cualquier otra zona urbana del mundo son las siguientes:

A) La Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra ubicada en un Valle y esto determina que el movimiento de las masas de aire no permita que se diluyan los contaminantes localizados en la atmósfera.

B) Su altitud (2,240 metros sobre el nivel del mar, msnm), condiciona características de la fisiología respiratoria de sus habitantes muy particulares como son mayor volumen por minuto, es decir para obtener la misma cantidad de oxígeno que al

nivel del mar o a una altitud menor, es necesario inhalar una mayor cantidad de aire. Además, la altitud de la ciudad favorece también la formación de contaminantes fotoquímicos y de inversiones de superficie, es importante subrayar que con la altura disminuye notoriamente la eficiencia de combustión de automotores.



C) La dirección predominante de los vientos es del norte al sur. En el norte de la ciudad se encuentra la mayor parte de la planta industrial de la ZMCM, de manera que el viento acarrea contaminantes hacia el sur de la ciudad. También es importante mencionar que la velocidad promedio del viento es de 10 Km/h, por lo que no favorece el rompimiento de las inversiones térmicas, especialmente durante la noche y primeras horas de la madrugada.

D) La centralización de gran parte de las actividades económicas, políticas, culturales, educativas y artísticas, entre otras, tiene como resultado la concentración del 20% de la población total en la ZMCM y que según indican las proyecciones, continuará en los próximos años registrando un crecimiento a una tasa estimada del 1.4% anual y también de la población inmigrante procedente de diferentes sitios de la provincia, llegando a más de 20 millones de habitantes para el año 2000; además cabe apuntar que la

población del Estado de México crecerá más rápido, contando con un nivel de infraestructura menor a la del Distrito Federal.

E) La concentración de fuentes de contaminación móvil, representada por un parque vehicular superior a tres millones de unidades, de las cuales más de mitad son modelos anteriores a 1980, sin acceso a gasolina Magna Sin y elevada cantidad de fuentes fijas, representadas por 35 mil industrias, la mayoría sin procesos y equipos anticontaminantes.

1.3 ELEMENTOS CONTAMINANTES

Los contaminantes atmosféricos se clasifican por su origen en primarios, los directamente emitidos por la fuente, y secundarios, formados por diversos tipos de reacciones. Estos a su vez se pueden clasificar en gases y partículas y en orgánicos e inorgánicos.

Cualquier vehículo de combustión interna que emplee gasolina o diesel, al circular contamina inevitablemente la atmósfera, mediante gases y humos derivados del sistema de propulsión, o bien, en forma evaporada, a través del carburador, del cárter y del tanque de combustible. En la ZMCM el transporte que contamina en mayor medida es el particular.

Los automóviles de gasolina y diesel lanzan a la atmósfera diversos contaminantes, entre los que destacan: monóxido de carbono (89%), hidrocarburos sin quemar (9.5%), óxidos de nitrógeno (0.9%), dióxido de azufre (0.3%) y partículas (0.3%), además de plomo y el ozono, este último resultado de la reacción de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, esto se muestra en el cuadro número 1-3.

Cuadro No. 1-3
Emissiones de contaminantes estimadas para la ZMCM

Contaminantes	Fuentes fijas Ton/año	Fuentes móviles Ton/año	Total Ton/año
Partículas	141,000	12,800	153,800
Monóxido de carbono	120,000	3,600,000	3,720,000
Hidrocarburos	140,000	385,000	525,000
Dióxido de azufre	400,000	11,000	411,000
Óxido de nitrógeno	93,000	39,000	132,000
TOTAL	894,000	4,047,800	4,941,800

Fuente: Comisión Nacional de Ecología, 1990

Las formas como se emiten todos estos contaminantes y los efectos que causan a la salud se refieren a continuación.

GASES Y HUMOS CONTAMINANTES.

Todas las sustancias que los vehículos arrojan a la atmósfera provocan daños irreversibles en la salud de la población y en los ecosistemas del Valle de México. El mayor peligro se presenta, como ya se apuntó, cuando hay inversiones térmicas en el invierno.

Durante los meses de diciembre y marzo es frecuente que gran parte de la población sufra irritación de ojos y garganta, así como problemas en las vías respiratorias, debido a que pulmones y bronquios son órganos muy sensibles a la contaminación. Las gripes y otras molestias se han vuelto comunes, sobre todo en la población infantil. La gravedad del daño depende de los niveles de concentración de los contaminantes y del tiempo que dure la inversión térmica, los principales elementos contaminantes y sus efectos en la salud se listan a continuación:

1) Monóxido de carbono (CO).- Emitido por el tubo de escape y producido por inadecuada combustión. La concentración se eleva durante el arranque de los motores o cuando trabajan con baja relación aire/combustible, aumentando considerablemente si permanecen encendidos o circulan a baja velocidad.

El monóxido de carbono es el contaminante más abundante y difícil de eliminar; es incoloro e inodoro y su nivel de concentración depende directamente de la intensidad del tránsito vehicular. Al ser inhalado, el monóxido de carbono es rápidamente absorbido a través de los pulmones y se une a la hemoglobina (formando carboxihemoglobina) con una afinidad de 210 veces más que el oxígeno, trayendo como resultado la falta de oxígeno en la célula (anoxia celular); esto ocurre por la limitación de la hemoglobina de transportar oxígeno por una deficiente liberación del mismo a los tejidos.

Al reducirse la capacidad normal de transportar oxígeno se afectan las reacciones normales de los tejidos, provocando sobrecarga en el bombeo del corazón y esfuerzos

adicionales en el funcionamiento del aparato respiratorio, pues los pulmones tienen que suministrar a la sangre una mayor cantidad de oxígeno. Una vez que la exposición al monóxido de carbono es interrumpida, éste se disocia y es excretado a través de los pulmones. Si bien no se acumula fácilmente en el organismo, en elevadas y continuas concentraciones durante largos periodos, puede causar intoxicaciones agudas, en casos extremos, se puede llegar al estado de coma y la muerte por el daño generado al sistema nervioso.

Cuando las concentraciones de carboxihemoglobina son superiores al 2% en la sangre, después de exposiciones superiores a 8 horas, se producen efectos nocivos en el sistema nervioso central. Investigadores mexicanos afirman que durante 6 semanas de exposición, una concentración de 51 partes por millón (ppm) de monóxido de carbono en la atmósfera genera 8.7% de carboxihemoglobina, lo que provoca cambios estructurales en el funcionamiento del corazón y del cerebro. En 1992, las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo del límite fijado por la norma el 98% de los días del año, no obstante el incremento registrado en el consumo de gasolina y el aumento del parque vehicular.

La oxigenación de gasolina, la verificación obligatoria de los vehículos automotores e industrias, así como la instalación de convertidores catalíticos en automóviles nuevos y las conversiones de motores al uso de gas licuado del petróleo L.P y gas natural son las medidas más directamente asociadas al control del monóxido de carbono.

2) Los hidrocarburos sin quemar (HC).- Estas emisiones se elevan cuando se presenta una baja relación aire/combustible, de ahí que sea recomendable el uso de motores en condiciones óptimas de carburación, donde se encuentran cantidades reducidas de oxígeno. Además, hay otros contaminantes producto de la oxidación de formaldehídos, acetaldehídos, acroleínas, alcoholes, que forman concentraciones de entre 0.5% y 1%. Su nocividad se presenta cuando se mezclan con otros contaminantes, básicamente con óxidos de nitrógeno (NOx).

3) Oxidos de nitrógeno (NOx).- Incluyen los llamados óxido nítrico y bióxido de nitrógeno, este último en mayor cantidad debido a su reacción química. Son una mezcla de oxígeno y nitrógeno producida por las elevadas temperaturas de funcionamiento de los motores (más de 1,600 grados centígrados), su emisión no ocurre únicamente por el tubo de escape de los automotores; contrario a lo que sucede con el monóxido de carbono y los hidrocarburos, la cantidad de NOx depende principalmente de la relación aire/combustible. En forma aislada, no son perjudiciales, producen el smog.

En efecto, los óxidos de nitrógeno se generan en áreas como la ZMCM donde circulan una gran cantidad de vehículos automotores, y ocasionan efectos nocivos a la salud cuando se combinan en la atmósfera con otros elementos químicos; es decir, cuando intervienen en reacciones que al contacto con la luz solar originan compuestos tóxicos, sobre todo si existe la presencia de hidrocarburos. Estas reacciones producen aldehídos, cetonas, radicales alquinos y nitratos de peroxiacetilo, un compuesto que provoca lagrimeo en los ojos e irritación de nariz y garganta.

El olfato percibe la presencia de bióxido de nitrógeno en concentraciones de una a tres partes por millón (ppm). Al igual que el monóxido de carbono dificulta la respiración, pues también se combina con la hemoglobina reduciendo la capacidad de transportar oxígeno a la sangre. Exposiciones de 15 ppm durante una hora causan leves molestias torácicas; de 25 ppm son más intensas y 50 ppm producen intoxicaciones agudas. Además, se dan casos de edema pulmonar fulminante y de bronconeumonía que se presenta en pocas horas o días.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda una exposición máxima de 0.07 a 0.17 ppm por hora y no rebase más de una vez al mes. En México la norma aprobada es de 0.21 ppm promedio horario (por hora), correspondiente a 100 IMECAS, cifra que es superada la mayoría de días del año y en épocas críticas casi se han alcanzado 400 IMECAS.

4) Bióxido de azufre (SO₂).- Producido principalmente por motores que utilizan diesel como combustible, y también las industrias. La gasolina y el diesel utilizados con inadecuadas mezclas de aire producen, además, humo negro que contiene partículas

sólidas, la mayoría compuestas de carbón. Por cada gramo de combustible quemado se emiten 0.8 micro gramos de materia sólida.

El principal peligro del SO_2 es su transformación en ácido sulfúrico, principal componente de la lluvia ácida, una de las más serias preocupaciones ambientales del mundo.

En la ZMCM se han identificado altas concentraciones de bióxido de azufre, emitidas principalmente por el transporte automotor y las industrias; incluso en zonas aparentemente no contaminadas, como en el sur de la ciudad en donde son arrastradas por el viento.

El SO_2 es de los contaminantes atmosféricos más nocivos; afecta la salud, la flora, la fauna y los bienes inmuebles. Se le conoce generalmente por su capacidad de inducir reacciones alérgicas, pero su mayor efecto en el humano es la irritación de los ojos, la piel y el sistema respiratorio, donde puede causar serios daños en los pulmones. La mayoría de las personas presentan irritaciones en las vías respiratorias cuando alcanzan concentraciones de SO_2 de 5 ppm durante 30 minutos. En ocasiones los efectos pueden ser tan severos que causan serias inflamaciones de la mucosa nasal, lesiones en las paredes de las vías respiratorias y hasta descamación. El grado de peligro para el sistema respiratorio es máximo cuando flotan en el aire otros compuestos metálicos que actúan como catalizadores del bióxido de azufre y lo convierten en ácido sulfúrico.

Al igual que en otros contaminantes, sus efectos nocivos no dependen exclusivamente de la cantidad y el tiempo de exposición; también de las condiciones geográficas y meteorológicas que han provocado graves catástrofes cuando se acompañan de importantes concentraciones de dicho compuesto.

Entre las catástrofes más representativas se conocen las del Valle de Mosa, Bélgica (1930), donde cientos de personas enfermaron por trastornos respiratorios y docenas murieron; el Valle de Donora en Pennsylvania (1948), en donde seis mil personas enfermaron y 18 murieron; en Londres (1952), donde hubo más de cuatro mil muertos. El denominador común de los tres casos fue el descenso de la temperatura y una baja velocidad de los vientos que provocaron la inversión térmica, aunada a altas concentraciones de bióxido de azufre y de otros contaminantes (OMS).

Aquellas lamentables experiencias indican el grave peligro que constituye la inversión térmica asociada con elevadas concentraciones de SO_2 y otros contaminantes.

Aquí se han comprobado que los efectos nocivos para la salud se presentan cuando rebasan los 300 micro gramos/ m^3 (0.11 ppm) en promedio para 24 horas, durante 3 ó 4 días seguidos. Este nivel de concentración, registrado varias veces en la ciudad, es ligeramente menor a la norma internacional de tolerancia (a la cual México se ha incorporado), de 341 micro gramos/ m^3 (0.13 ppm), en promedio diario máximo.

A partir de diciembre de 1991, no está permitido quemar combustibles con más del 2% de azufre en la ZMCM. Por otra parte, desde 1986, las termoeléctricas Valle de México y Jorge Laque, sustituyeron el combustóleo por gas natural, que actualmente constituye el 96% de su consumo energético.

5) Plomo (Pb).- Componente del tetraetilo de plomo (TEL) empleado como antidetonante en la gasolina, el TEL favorece la combustión total de los gases en el cilindro, evitando la preignición y consecuentemente el golpeteo en el motor aumentando el Índice de Octano. La mayor parte se emite a la atmósfera en forma de partículas dispersas de óxido de plomo y solo alrededor de un tercio quedan en el motor y tubo de escape. Casi todo el plomo emitido a la atmósfera proviene de los vehículos automotores en forma gaseosa y de la industria en forma de partículas.

Del 30% al 40% del plomo inhalado por los pulmones se deposita a través de la sangre en diversos órganos. La mayor parte la absorbe el sistema óseo; su estancia o vida biológica se calcula en dos, tres o más años. El resto se deposita en otros órganos, como el hígado y el riñón.

La acumulación de plomo en el organismo llega a producir disminución de glóbulos rojos, daño renal y hepático, retraso mental en los menores de edad y alteraciones en la fecundidad y el embarazo.

Los niveles tolerables de plomo en la sangre oscilan entre los 15 y 40 microgramos por decilitro de sangre. La OMS considera como límite permisible hasta los 40, inaceptable de 41 a 60 y peligroso cuando rebasan los 60 microgramos por decilitro de sangre. Los habitantes de la ZMCM se encuentran en la frontera de esa norma.

Mediciones recientes realizadas por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), detectaron en una muestra de la población capitalina un contenido de plomo entre 19 y 20 microgramos por decilitro de sangre, a pesar de no tenerse en contacto laboral con ese metal. Estas concentraciones resultan elevadas comparadas con las de países desarrollados. En Europa y Estados Unidos, las concentraciones promedio no rebasan los 10 microgramos por decilitro de sangre.

Desafortunadamente, en México las mediciones sobre la concentración de plomo sólo se realizan a solicitud expresa de parte. Ante los efectos adversos que provoca, recientemente se emitió la norma mexicana de calidad del aire para este metal de 1.5 micro gramos/m³ en un período de tres meses.

Desde 1980 se realizaron importantes esfuerzos para reducir el contenido de plomo en las gasolinas; en la Nova, se paso de 0.89 gramos por litro en ese año, a menos de 0.07 gramos en 1993. Por otra parte, en septiembre de 1989 se introdujo la gasolina Magna Sin cuyo contenido de plomo es prácticamente nulo; y en 1996 se introdujo otra gasolina, también sin plomo, denominada Premium.

6) Ozono (O₃).- Se forma en la atmósfera por la combinación de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos del tipo de olefinas, diolefinas, aldehidos y alcoholes; estos al sufrir cambios fotoquímicos, lo generan junto con el nitrato de peroxiacetilo (PAN) y diminutas partículas líquidas. En esta reacción, el bióxido de nitrógeno interviene como catalizador.

Existen dos formas de ozono: el primero, la capa localizada a 20 Km de altura de la superficie terrestre: forma parte de la estratosfera y desempeña una importante y benéfica función, al absorber más del 90% de los rayos ultravioletas. Dicha radiación perjudica casi todas las formas de vida, incluso puede ser una causa importante del cáncer en la piel. El otro tipo de ozono presente en la superficie de la atmósfera, es un poderoso irritante que afecta principalmente las vías respiratorias y penetra con más facilidad a los pulmones que los óxidos de azufre.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda una concentración de 0.5 a 0.10 ppm por hora para preservar la salud pública, la norma máxima aceptada en

México es de 0.11 ppm en promedio durante una hora, lo que corresponde a 100 IMECAS, cifra que regularmente es rebasada en los registros de las estaciones de monitoreo.

1.4 MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

El sistema de evaluación de la calidad del aire en la ZMCM mantiene el propósito de proporcionar en forma sistemática y permanente, información que permita detectar la presencia y tendencia de contaminantes en el aire, así como los factores meteorológicos que incidan sobre su calidad.

Este sistema está integrado por tres subsistemas, identificados como :

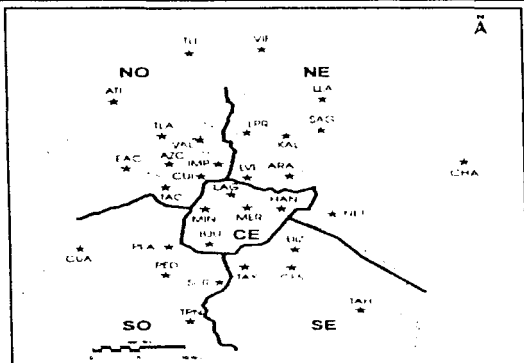
- a) Red Automática de Monitoreo Atmosférico,
- b) Red Manual de Monitoreo Atmosférico y
- c) Red Meteorológica.

Por su importancia, destaca la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), misma que a partir de los años ochenta se puso en funcionamiento y fue operada por la Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL, hasta octubre de 1992, fecha en que se transfirió la responsabilidad a la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación.

RAMA consiste en un conjunto de estaciones automáticas dotadas de equipos avanzados que permiten medir la presencia y concentración de ozono, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas. Esta información al conjuntarse con la que se obtiene de la Red Meteorológica, consistente en parámetros que pueden afectar la precipitación y dispersión de contaminantes, tales como la dirección y velocidad del viento, humedad relativa y altura de la capa de inversión y permite la evaluación de la calidad del aire y la formulación de pronósticos.

Con el fin de informar sobre los valores encontrados en la ZMCM, ésta se divide arbitrariamente en cinco regiones: noroeste, noreste, centro, sureste y suroeste y se promedian los valores de las estaciones contenidas en las zonas correspondientes.

Figura No.1-3
Red Automática de Monitoreo Atmosférico



	LÍMITE DE LA ZONIFICACION
	LÍMITE DE LA ZONA URBANIZADA
	LÍMITE DE LA CD. DE MEXICO
	ESTACION DE MONITOREO

VALLEJO	VAL	CHIAPINGO	CHA
TACUBA	TAC	TAGÜNTELA	TAG
ENEP-ACATIÁN	EAC	MÉRCID	MER
AZCAPOZALCO	AZC	HANGARES	HAN
JUANEPANTELA	JEA	BENITO JUÁREZ	BJU
IMP	IMP	INSURGENTES	MIN
CUHUIHUAC	CUH	SANTA CRUZ	SUR
TULTEPEC	TLT	PIEDRÓN	PIE
AHIZAPAN	AHI	PIATRÓN	PIA
LAURELES	LHA	CUAHMOLPA	CUA
LA PRESA	LPR	TEAPAN	TEP
LA VILLA	LVI	CERRO DE LA ESQUELA	CEN
SAN AGUSTÍN	SAG	UAM IZAPALAPA	UIZ
XALOSTOC	XAL	TAXQUENA	TAX
ARAGON	ARA	TEHUAC	TEH
NEZAHUALCOYOTL	NET	COXATCO	COX

Las concentraciones finales de los contaminantes se reportan de acuerdo a un tiempo de muestreo que está directamente relacionado con los criterios de calidad que se tienen para México. Estos criterios son los valores máximos recomendables de concentración atmosférica de los contaminantes para que no se afecte la salud de ningún grupo de población, véase cuadro No. 1-4

Cuadro No. 1-4
Criterios de calidad del aire

Contaminante	Concentración* µg/m ³	ppm	Tiempo de Muestreo	Imeca 500
PST	260		24 h	1000 mg/m ³
CO	12,595	11	8 h	50 ppm
SO ₂	341	0.13	24 h	1 ppm
NO ₂	395	0.21	1 h	2 ppm
O ₃	216	0.11	1 h	0.6 ppm
PB	1.5		3 meses	

* Correspondiente a 100 INE-CAS

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 1990

Los valores máximos recomendable que se utilizan en México son comparables a los establecidos en otros países, como los fijados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos.

Además de generar informes diarios sobre la calidad del aire, se elabora un pronóstico de situaciones críticas que permite prever con anticipación la presencia de fenómenos meteorológicos y actuar de acuerdo a un programa de atención a contingencias ambientales, para prevenir y atender episodios de contaminación atmosférica. Este programa contempla la suspensión de actividades industriales y la circulación vehicular, en caso de eventos extraordinarios, para reducir la emisión de contaminantes.

1.5 INDICES DE CALIDAD DEL AIRE (IMECA)

La calidad del aire se evalúa con base en las mediciones realizadas sobre cada uno de los contaminantes y se expresa en función del denominado Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), el cual se muestra en el cuadro No. 1-5 e indica el grado de contaminación de la atmósfera en una gama que va de 0 a 500 IMECAS. Diariamente se publica y difunde en diversos medios para informar a la población acerca de los niveles de contaminación atmosférica.

0	No hay contaminantes
100	Repercusiones moderadas
200 (100-199)	Aire insalubre. Se agravan síntomas en la población sensible y aparecen en la población sana.
300 (200-299)	Aire muy insalubre. Debe permanecerse en lugares cerrados
400 (300-399)	Situación peligrosa. Alarma a la población, se agravan los síntomas de la población sana y en la sensible se presentan problemas graves.
500 (400-499)	Muerte de personas enfermas y ancianos. Población sana con síntomas que afectan sus actividades normales. Todos en casa con puertas y ventanas cerradas.

Fuente: Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, 1990

El informe se basa en una metodología de cálculo a partir de dos puntos de quiebre, que son valores estadísticamente conocidos; el umbral crítico que define el valor IMECA 100 y el valor IMECA 500, por encima de los cuales ocurren alteraciones

significativas en la fisiología de las poblaciones humanas. Las rectas que unen los puntos de quiebre sirven para convertir valores de concentración de contaminantes en el aire en valores de una escala arbitraria que va de 0 a 500 puntos IMECA, la cual ofrece una idea subjetiva del grado de peligrosidad asociado a los niveles de contaminación del aire.

Los índices obtenidos de estas rectas (conocidos en la Secretaría de Desarrollo Social como funciones linealmente segmentadas), son seis en total, y miden la calidad del aire respecto de .

- 1) partículas en suspensión
- 2) bióxido de azufre
- 3) ozono
- 4) monóxido de carbono
- 5) óxidos de nitrógeno y
- 6) la acción sinérgica del $SO_2 + PST$

Los puntos de quiebre en la escala IMECA corresponden de manera muy exacta con los niveles primario y de daño significativo de la norma federal del aire en Estados Unidos (NAAQS): (National Ambient Air Quality Standards). El IMECA fue una adaptación del índice Ott y Thom (1975)(Pollutant standar index) para los Estados Unidos, que a su vez está basado en las normas federales.

A manera de reflexión se puede establecer que los peligros de los contaminantes provenientes de los vehículos no sólo dependen de la cantidad de emisiones, sino de un conjunto de factores combinados: tiempo de exposición, grado de concentración, calidad de combustibles, distancias de las fuentes, así como las condiciones geográficas y meteorológicas. De la capacidad de estas últimas para retener o disipar los contaminantes en el aire dependen los daños que se causen a la salud. Así ha ocurrido en las catástrofes registradas en otros países.

CAPITULO II

SITUACION ACTUAL DE L GAS NATURAL EN MEXICO

CAPITULO II

SITUACION ACTUAL DEL GAS NATURAL EN MEXICO

La industria del petróleo y del gas natural en México, incluyendo las actividades de exploración, producción, refinación, distribución, así como la manufactura y venta de productos petroquímicos básicos y de sus derivados, ha sido una de las principales generadoras de ingresos para el país, a través de sus ventas internas y balance de comercio exterior.

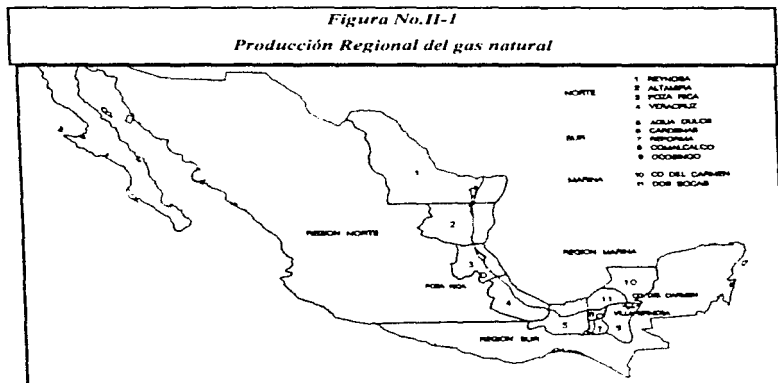
La explotación y uso de gas natural y petróleo abastecen la mayor parte de los requerimientos de energía en México, incluyendo la que se requiere para la producción de energía eléctrica; el país desde la década de los ochenta se convirtió en importante exportador neto de hidrocarburos; no obstante, en el caso del gas natural, su producción y consumo interno ha registrado severas fluctuaciones durante los últimos 14 años y particularmente el intercambio comercial con Estados Unidos, que ha sido deficitario, debido a que el mayor consumo interno, combinado con un crecimiento menos acelerado de la plataforma de producción han provocado la contracción de las exportaciones.

A continuación se presenta el panorama de la explotación y desarrollo del gas natural en México desde el año de 1979 a la fecha.

2.1 PRODUCCION NACIONAL

a) Regiones productoras y su comportamiento dinámico.

La producción de gas natural proviene de tres regiones del país: la Región Norte, que comprende la frontera e incluye a Poza Rica, Ver. y la cuenca del Papaloápan; la Región Sur integrada por Villahermosa, Comalcalco y C.d. Pemex Tabasco; Agua Dulce y el Plan Veracruz y Nanchital en Chiapas; y la Región Marina que está localizada en el Golfo de México frente a Campeche.



Fuente: PEMEX, Memoria de Labores 1995

La Región Sur tiene la mayor participación en cuanto a volúmenes producidos, le siguen la Región Marina y finalmente la Región Norte. Durante el período de 1981 a 1995, la Región Sur participó aproximadamente con el 59.2% de la producción; aunque

durante ese lapso de tiempo su aportación ha disminuido gradualmente a una tasa media anual del 2.42%, ya que en 1995 ésta alcanzó únicamente el 48.7% aproximadamente, véase el cuadro No. II-1

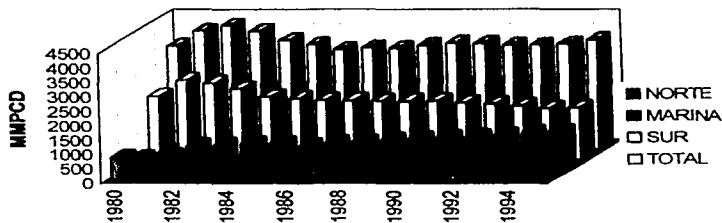
Cuadro No. II-1
Producción regional del gas natural
(Millones de pies cúbicos/día)

AÑO	NORTE	MARINA	SUR	TOTAL
1980	870	462	2,216	3,548
1981	758	529	2,774	4,061
1982	712	859	2,675	4,246
1983	681	902	2,471	4,054
1984	591	952	2,210	3,753
1985	506	954	2,144	3,604
1986	486	868	2,077	3,431
1987	465	969	2,064	3,498
1988	415	1,002	2,061	3,478
1989	448	1,079	2,045	3,572
1990	475	1,118	2,059	3,652
1991	473	1,160	2,000	3,633
1992	464	1,174	1,946	3,584
1993	441	1,244	1,891	3,576
1994	479	1,339	1,807	3,625
1995	548	1,379	1,832	3,759

Fuente: Anuario Estadístico
PEMEX. Memoria de Labores.

Gráfica No.11-1

Producción regional de gas natural



En cambio, la Región Marina, que en 1981 sólo contribuyó con el 13% de la producción, en 1995 elevó su aportación al 36.6%; es decir, su producción ha venido en ascenso, registrando un incremento promedio anual del 11.47%.

Por su parte la Región Norte al inicio de la década de los ochenta era la segunda en producción; sin embargo, durante este período registró disminuciones en su participación con un índice medio anual del 2.0%, es decir, que en 1981 representó el 18.66% de la producción total y 14 años después, sólo aporta el 14.57%.

El comportamiento de la producción de gas natural, a nivel de región y nacional, obedece, entre otros factores, a que la vocación de los yacimientos petrolíferos en las Regiones Sur y Sureste son, en su mayoría, de petróleo crudo, y no de gas; y por lo tanto, un alto porcentaje de la producción de gas está asociado con la extracción del petróleo. Sin embargo, la causa fundamental aparentemente, se ubica en el contexto de la disminución en el ritmo de perforación de nuevos pozos por parte de PEMEX, sobre todo

en la Región Norte, en la cual se ha localizado históricamente el mayor volumen de yacimientos de gas seco.

La regionalización permite observar los cambios en la participación dentro del volumen total producido de petróleo y gas natural, y la concentración geográfica de la producción, lo que obliga a considerar los efectos económicos del costo del transporte y distribución de gas natural desde las fuentes de producción hasta los centros de consumo industrial y de servicios.

El fluido se colecta en las regiones productoras y se envía a las plantas de tratamiento localizadas en Nuevo Pemex, Cactus, La Cangrejera, La Venta, Pajaritos, Matapioche, Poza Rica y Reynosa. Petróleos Mexicanos dispone de un sistema troncal de gasoductos que mediante ramales abastece al norte del país, el Bajío, Guadalajara, Jal., Lázaro Cárdenas, Mich., Salinas Cruz, Oax., Puebla, Pue., Veracruz, Ver., el Distrito Federal y Mérida, Yuc.

b).- Volumen de producción; comportamiento histórico.

En los tres lustros que se analizan la producción de gas natural en el país, registra variaciones notables: Entre 1979 y 1982 que es el periodo del boom petrolero en México, la producción creció a una tasa media anual del 15.1% y tuvo el mayor registro que fue de 4,246 millones de pies cúbicos al día..

En contra partida en el lapso 1982-1986, la producción de gas se contrajo a un ritmo promedio anual del 4.7% y 1983 fue el último año en el que se produjo un volumen superior a los 4 mil millones de pies cúbicos al día. Es evidente que esta contracción en la producción esta relacionada con la recesión generalizada de la economía mexicana, cuadro No. II-1. Otro factor destacado proviene, seguramente, de la disponibilidad de infraestructura para el aprovechamiento del recurso, ya que durante el periodo analizado los volúmenes de producción han permanecido casi constantes y no se identifican excedentes, lo cual implica que se aprovecha el total ofertado por PEMEX.

En el periodo siguiente, 1986-1990, la producción registró un ligero crecimiento del 1.6% promedio anual y el volumen representativo fue del orden de los 3,652 millones de pies cúbicos al día, cantidad que correspondió a 1990. En el lapso 1990-1993 se volvió a observar una disminución en la producción del 0.69%. En los últimos años 1993-1995, la producción volvió a incrementarse en un 2.5%.

Es oportuno señalar que un alto porcentaje de la producción de gas natural se aplica en diversos conceptos, tales como : Procesos de extracción de etano y gases líquidos, gases ácidos, bióxido de carbono lanzado a la atmósfera, condensación de los gases en la línea de conducción; así como por el consumo interno de la empresa quedando un remanente del 32.2%, que corresponde al volumen destinado a los consumidores nacionales y que cada vez es mas insuficiente para cubrir la demanda interna; por tal razón dicho déficit se ha tenido que satisfacer mediante las importaciones de este combustible, véase cuadro No. I-2.

Cuadro No. 11-2
Utilización del gas natural
(Millones de pies cúbicos/día)

CONCEPTO	1993	%	1994	%	1995	%
ENCOGIMIENTO POR EXTRACCIÓN DE ETANO Y LICUABLES	504.0	14.08	487.00	13.5	516.0	13.7
ENCOGIMIENTO POR GASES ACIDOS	132.0	3.7	136.00	3.75	139.0	3.6
BIOXIDO DE CARBONO ENVIADO A LA ATMOSFERA	15.0	0.42	18.0	0.49	17.0	0.45
GAS NATURAL ENVIADO A LA ATMOSFERA	89.4	2.56	92.0	2.5	93.9	2.5
CONDENSACION EN GASODUCTO	272.0	7.62	265.0	7.4	279.0	7.5
CONSUMO (PEMEX) ANTES DE DUCTOS	282.5	7.90	282.7	7.80	300.7	8.0
CONSUMO (PEMEX) DESPUES DE PLANIAS	1108.5	31.0	1166.0	32.10	1186.4	31.56
ENTREGADO PARA VENTA INTERNA	1169.3	32.70	1174.0	323.33	1212.7	32.3
DIFFERENCIAS DE MEDICION Y EMPAQUE	0.71	0.02	5.0	0.13	15.0	0.39
PRODUCCION TOTAL DE GAS	3576.0	100.00	3625.0	100.00	3759.0	100.00

Fuente: Memoria de Labores de Pemex, 1993-1994-1995

2.2 CONSUMO NACIONAL

La demanda nacional satisfecha de gas natural es en la actualidad equivalente al volumen de ventas internas realizadas por PEMEX, mismo que a su vez se compone de la producción nacional más las importaciones. Este consumo muestra un incremento paulatino, durante el periodo 1979-1992, del 0.56% promedio anual, sin embargo, cabe señalar que durante algunos años se registró una marcada disminución en el consumo, véase cuadro No. II-3

En el lapso 1979-1982 el consumo paso de 1,346 millones de pies cúbicos/día (MMPCD) a 1,431 MMPCD con un índice promedio anual de crecimiento de 2.1%. En los siguientes 5 años 1982-1986, la demanda se redujo como resultado de la contracción económica del país la disminución promedio anual fue del 4.54%; es decir, los volúmenes registrados fueron 1,431 y 1,171 millones de pies cúbicos por día para 1982 y 1986, respectivamente.

En los años comprendidos entre 1986 y 1990, se observó un cambio en la tendencia del consumo, después de haber mostrado disminuciones reinició un aumento del 3.6% promedio anual; después de incrementarse 9.2% en 1991, en el periodo 1991-1993 disminuyó 2.96%. Finalmente, en los años 1994 y 1995 el incremento de la demanda de gas natural promedio anualmente una tasa de crecimiento del 6.2% respecto a 1993.

Estos volúmenes fueron de 1,171 a 1,552 millones de pies cúbicos correspondientes a los años 1986 y 1995, respectivamente, véase cuadro No. II-3.

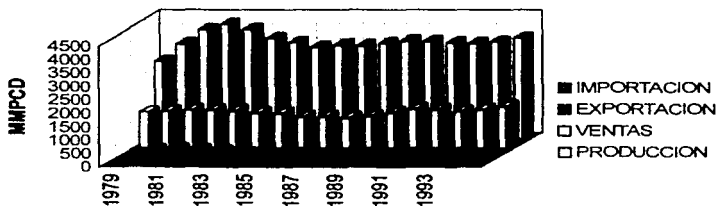
Cuadro No. 11-3
Producción y consumo nacional del gas natural
(Millones de pies cúbicos/día)

AÑO	PRODUCCION	EXPORTACION	IMPORTACION	VENTAS
1979	2,917			1,346
1980	3,548	280.8		1,374
1981	4,061	288.3		1,424
1982	4,246	273.3	5.4	1,431
1983	4,054	217.0	4.8	1,399
1984	3,753	147.9	5.4	1,315
1985	3,604		4.1	1,297
1986	3,431		4.8	1,171
1987	3,498		6.1	1,177
1988	3,478		6.3	1,143
1989	3,572		45.6	1,193
1990	3,652		47.0	1,343
1991	3,633		181.0	1,467
1992	3,584	0	250.0	1,447
1993	3,576	5.0	97	1,380
1994	3,625	19.0	125	1,450
1995	3,759	21	173	1,552

Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX
 Memoria de Labores PEMEX

Gráfica No. II-2

Producción y Consumo de Gas Natural



El incremento de 3.6% anual en el consumo nacional, durante el período 1986-1990, contrasta con el de la producción interna, que aumentó en sólo 1.6% anual. Esto forzó a incurrir en importaciones de gas natural, situación que se acentuó en los tres primeros años de la presente década, en los cuales, los consumos fueron de 1,343; 1,476 y 1,447 millones de pies cúbicos, respectivamente.

Estas variaciones se explican porque los aumentos en los consumos de gas natural se deben a la sustitución en el uso de combustóleo, en una gran parte de las industrias, así como también en el sector eléctrico, ya que desde 1987 a la fecha la generación de energía eléctrica mediante las plantas termoeléctricas se realiza hasta en un 80% a través del uso de gas natural, por ser un combustible más limpio que el combustóleo.

Aun cuando las ventas internas de gas natural disminuyeron ligeramente en 1992 y 1993 con relación a 1991, se considera que existen fuertes expectativas de aumento en

los próximos años como se ve en 1994 y 1995, en virtud de la demanda derivada de los programas de conversión de combustibles en la industria y el sector eléctrico, así como a los proyectos para el mejoramiento ambiental en las ciudades con mayor concentración demográfica, como son Puebla, Pue., Querétaro, Qro., Guadalajara, Jal., Monterrey, N.L., y el Distrito Federal; en las dos últimas se destaca la intención para promover su uso en el transporte público y de carga.

Todos estos programas son de gran importancia para el Tratado de Libre Comercio T.L.C. entre Canadá, Estados Unidos y México, específicamente en su capítulo de cooperación ambiental.

2.3 COMERCIO EXTERIOR

El intercambio de gas natural de México con el extranjero, principalmente con Estados Unidos, ha existido a lo largo de cuarenta años, si bien los volúmenes han sido marginales, México exportó ciertos volúmenes de gas natural al vecino país durante los años comprendidos entre 1980 y 1984, conforme al contrato asignado entre PEMEX y uno de los seis consorcios de Estados Unidos fabricantes de tubería para gasoductos.

Las cantidades exportadas fueron de 280.8 millones de pies cúbicos por día en 1980 y 288.3 millones de pies cúbicos por día en 1981, volúmenes que fueron en disminución hasta 1984 en que sólo se exportaron 147.9 millones de pies cúbicos por día (MMPCD), es importante destacar que desde ese año hasta 1993 no se registraron exportaciones. En el contrato se previó una venta a Estados Unidos superior a los 300 MMPCD, equivalentes a 110,000 MMPC al año; no obstante, el promedio de exportaciones en ese periodo fue sólo del orden de 80,000 MMPC/año.

El precio recibido por México de acuerdo al citado contrato fue de 4.40 dólares por millar de pie cúbico; sin embargo, la caída del precio para este combustible, tanto en Estados Unidos como en Canadá, explicable por una disminución en su demanda o el incremento de la oferta, aunado a la iniciativa de desregular el precio en ambos países, originó que a PEMEX se le solicitara la disminución del precio convenido a 3.20 ó 3.40 dólares por cada millar de pie cúbico, para 1985. Por esta razón México decidió suspender sus exportaciones desde noviembre de 1984, declarando una política de no exportación de gas natural siempre que el precio de exportación fuera inferior al nacional, con esta acción reforzó también el objetivo de satisfacer las necesidades internas.

En el renglón de las importaciones, México reinició sus compras a Estados Unidos en 1982 y desde ese año hasta 1986, los volúmenes oscilaron alrededor de los 4.8 millones de pies cúbicos por día. Las importaciones aumentaron significativamente entre 1986 y 1990, con una tasa de crecimiento promedio anual de 219.7%. Finalmente, estos aumentos se dispararon aún más en el periodo comprendido de 1990 a 1992, el cual correspondió a un 215.9% promedio anual, disminuyendo en 1993 61.2% e incrementándose 39.17% en el periodo de 1993-1995, cuadro No.II-3.

2.4 RESERVAS PROBADAS.

El comportamiento de las reservas de gas natural durante las dos décadas pasadas, muestra en la primera mitad de los setenta una tendencia inicial hacia la disminución, sin embargo, la perforación y el desarrollo de nuevos pozos de petróleo en los años 1975-1984 (período de modernización de la industria petrolera), permitieron que dichas reservas se incrementaran a una tasa anual geométrica del 23% debido a una gran actividad en el renglón de exploración y perforación, financiada con recursos externos.

De los años 1984 a 1992 las reservas acusan una definida tendencia a disminuir, al pasar de 77 billones de pies cúbicos a 70.9 billones, la reducción promedio anual registrada en este período de 8 años es del 1.3% aproximadamente, véase cuadro No. II-4.

Presumiblemente las reservas para la producción de gas natural en México son sustanciales; de hecho, puede señalarse que aún son incipientes las actividades asociadas con su utilización, no obstante hasta ahora ha sido limitado el esfuerzo de encontrar y desarrollar nuevos yacimientos de gas y las reservas probadas son, esencialmente, un subproducto de los programas de exploración de crudo.

En México la exploración de crudo y de gas natural se encuentra menos desarrollada que Estados Unidos y Canadá. En 1988 se perforaron tres pozos con gas y el siguiente año once, cantidades apenas relevantes para esta actividad. No obstante, prospecciones recientes de PEMEX hacen prever que el potencial de gas no descubierto es considerable, pues casi el 45% del subsuelo mexicano está caracterizado, como cuenca sedimentaria, si bien sólo el 10% ha sido explorado y desarrollado; México posee grandes yacimientos de carbón mineral en el norte, en los cuales existen importantes mezclas de gas natural y carbón mineral.

Es conveniente reiterar que la actual disponibilidad resulta deficitaria para satisfacer las necesidades crecientes de los usuarios, sobre todo si se continúa con la política de sustitución del combustible en la industria y del diesel y la Magna Sin en los automotores.

Cuadro No. 11-4
Reservas probadas de Gas Natural
y longitud de gasoductos en el país

AÑO	RESERVAS PROBADAS (Billones de ft³)	LONG. RED DE GASODUCTOS (Km)
1979		8,434.6
1980		9,046.4
1981		11,269.5
1982	75.3	19,248.0
1983	75.3	21,984.0
1984	77.0	15,655.0
1985	76.7	12,788.0
1986	76.5	13,254.0
1987	75.8	13,136.0
1988	74.8	12,788.0
1989	73.3	12,215.0
1990	72.7	12,954.0
1991	71.5	12,010.0
1992	70.9	12,582.0

Fuente: PEMEX, Memoria de Labores y Anuarios Estadísticos de 1987, 1988, 1991 y 1992

2.5 RED NACIONAL DE GASODUCTOS

La infraestructura con que cuenta PEMEX para el transporte del gas natural, desde las zonas productoras hasta los diferentes puntos de consumo en el país, puede considerarse integrado por tres redes principales: El Sistema Norte, La Línea Troncal, y el Sistema Sur-Centro, figura No.II-2.

El Sistema Norte enlaza la región noroeste de México, con el mercado industrial próximo a la ciudad de Reynosa, Tamps., así como con el centro industrial de Monterrey, N.L.; también conecta a la Ciudad de Chihuahua, Chih., y llega hasta Cd. Juárez, Chih. Asimismo, mediante un ramal secundario, abastece a las ciudades de Gómez Palacio, Dgo. y Torreón, Coah. El tramo principal Reynosa-Chihuahua cuenta con un diámetro de 24 pulgadas y los ramales son de 16 pulgadas. El Sistema Norte tiene una capacidad para transportar hasta 325 MMPGD. A la fecha el sistema no se usa para exportar, pero existe una conexión desde Reynosa, Tamps. con McAllen, Texas y a partir de ésta, con la amplia red de Estados Unidos e incluso Canadá.

El Sistema Troncal, construido durante el período 1979-1980, es un gasoducto que une al área productora de Cactus, Chis. con Reynosa, Tamps., pasando por Poza Rica, Ver., Cd. Madero y San Fernando Tamps.; A través de Poza Rica se une al Sistema Sur-Centro, y de San Fernando con el Sistema Norte. El gasoducto dispone de un diámetro de 48 pulgadas en toda su extensión y fue la ruta de exportación de gas natural a Estados Unidos, si bien actualmente se usa para abastecer a los mercados centro y norte del país desde la región sur.

El Sistema Sur-Centro es el medio que conecta las zonas de producción con mayores reservas, la del sureste y centro del país, con el mercado más grande del área, la Ciudad de México, dos de ellas con diámetro de 24 pulgadas, una con diámetro de 48 y otra con 30 pulgadas de diámetro.

A partir de la Ciudad de México se interconectan otros tramos de gasoducto hacia Salamanca, Gto. y Guadalajara, Jal., uniéndose posteriormente a Morelia, Uruápan y Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán. Por el otro extremo del sistema se abastece a

la Ciudad de Mérida, Yuc. Desde Cactus, Chis. Además a través del ramal Cd. De México-Pachuca, Hgo., se enlaza con Poza Rica, Ver. integrante del Sistema Troncal.

Cabe resaltar que la zona noreste de México, por su cercanía al estado de Texas, uno de los principales centros de producción de gas natural en el sur de los Estados Unidos, cuenta con la facilidad de interconectarse con sistemas de gasoductos privados que cruzan la frontera, como es el caso del sistema de McAllen, Texas, que se conecta con Reynosa, Tamps.

La capacidad de este enlace es de 300 millones de pies cúbicos/día (MMPCD) y podría ampliarse a mil millones de MMPCD, además, conviene destacar que cuenta con instalaciones para compresión de gas. A través de este enlace, México importó 137 MMPCD en marzo de 1991.

También al sistema de la empresa Gasoductos El Paso, el cual tiene una capacidad para transportar 15 MMPCD, conecta el sur de Arizona con Naco y Cananea, Son. En ambos casos las interconexiones pueden usarse para la importación de gas natural en la zona norte de México. Existen además otros tres enlaces entre el sistema de gasoductos de El Paso Texas y Cd. Juárez, Chih., (Peñitas, El Paso y Eagle Pass). Asimismo existen enlaces entre gasoductos de San Diego, Cal. Y el Rosario, Son. Que a la fecha están fuera de servicio.

El sistema de Gasoductos norteamericanos, para que México importe gas natural de Estados Unidos, tiene una capacidad de 316.5 MMPCD, es decir, 115,500 MMPC al año.

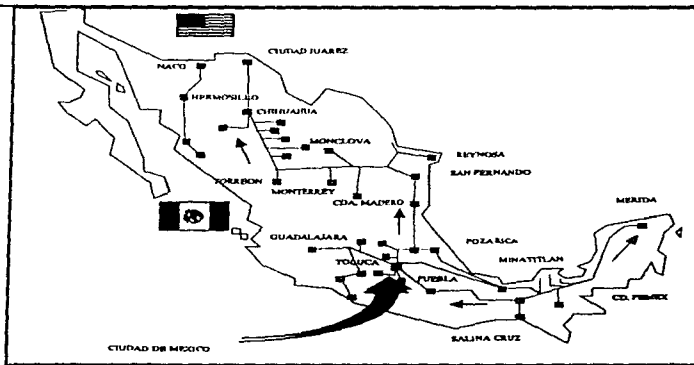
Por otra parte, desde el año pasado, la empresa canadiense Western Gas Marketing LTD, introdujo al área de Monterrey, N.L. 10 MMPC al año de gas natural desde la provincia de Saskatchewan, Canadá, bombeando el combustible desde la terminal en Monchy a través del sistema fronterizo de gasoductos Santa Clara Lake en Iowa, desde donde se transfiere a Cathage, Texas.

Con relación a la longitud de los gasoductos que constituyen la red nacional, se registró un fuerte crecimiento durante los años 1979-1983, período en que aumentó aproximadamente un promedio de 40.4% anualmente; es decir, de contar con 8.4 mil

kilómetros en 1979 pasó a cerca de los 22 mil kilómetros en 1983, a partir del último año registra un estancamiento y paulatina disminución, cuadro No. II-4.

Actualmente se dispone de 12,582.4 Km de gasoductos, lo que significa una reducción anual de 4.75% en promedio. La explicación de este fenómeno puede situarse en el contexto de las necesidades de mantenimiento de la red.

Figura No. II- 2
Red nacional de gasoductos



El signo ↑ indica la dirección predominante del flujo de gas

2.6 USO DEL GAS NATURAL POR SECTORES DE LA ECONOMIA.

La trascendencia que tiene la energía en el desarrollo económico de todo país hace necesario que su cuantificación física y económica permita conocer de qué fuentes proviene y a qué destino de uso se orienta. En el presente estudio la fuente de interés es el gas natural y su uso en la generación de energía eléctrica; la actividad industrial y el consumo doméstico.

a).- Sector eléctrico.

Las estadísticas de PEMEX muestran que durante los años 1980-1992, un volumen creciente de la venta de gas natural al mercado nacional se orientó a la generación de energía eléctrica.

Puede señalarse que en el lapso 1980-1987, esta proporción fue del 21.2% en promedio, con disminuciones en 1984 y 1985, cuando la participación en el sector eléctrico fue del 15.5% y 16.8%, respectivamente, lo que corresponde a un consumo de 204.1 y 218.8 millones de pie cúbico/día, en orden cronológico, cuadro No. II-5.

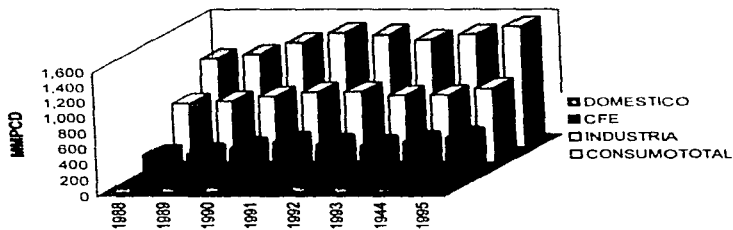
Cuadro No. 11-5
Uso del gas natural por sectores económicos
(Millones de pies cúbicos/día)

AÑO	CONSUMO TOTAL (a)	C.F.E. (b)	INDUSTRIAL (c)	DOMESTICO (d)	PARTICIPACION		
					b/a	c/a	d/a
1980	1,386	320.44			23.3		
1981	1,203	293.24			20.6		
1982	1,341	333.83			23.3		
1983	1,399	266.17			19.0		
1984	1,315	204.10			15.5		
1985	1,297	218.80			16.9		
1986	1,171	289.70			24.7		
1987	1,177	314.90			26.7		
1988	1,143	292.00	761.88	89.6	25.5	66.6	7.8
1989	1,193	308.00	791.00	94.0	25.8	66.3	7.9
1990	1,343	388.43	853.45	100.0	29.0	63.6	7.4
1991	1,470	460.00	907.00	103.0	31.3	61.7	7.0
1992	1,448	426.00	916.010	106.0	29.4	63.2	7.3
1993	1,380	415.0	866.0	99.0	30.0	62.7	7.1
1994	1,450	494	872.0	84.0	34.0	60.1	5.7
1995	1,550	524	961	67	33.8	62.0	4.3

Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX
 Memoria de Labores PEMEX

Gráfica No. II-3

Uso del gas natural por sectores económicos



En los años comprendidos de 1988 a 1992, los registros estadísticos muestran que el consumo de gas natural en el sector eléctrico tiene una tendencia ascendente, con una tasa media anual de incremento del 11.47%, ya que pasó de 292 millones de pies cúbicos/día en 1988 a 426 MMPCD en 1992, lo que en términos relativos significó un cambio porcentual del 25% al 29.4%. De 1992 a 1995 el incremento fue de 7.6% y una participación de 31.8% en promedio.

Esta situación coincide con la política del gobierno federal, en el sentido de sustituir, paulatinamente, el consumo de combustóleo por el de gas natural en las plantas termoeléctricas, como uno de los medios para atenuar la contaminación del aire. A la fecha, un 80%, aproximadamente del consumo de combustibles en las termoeléctricas es de gas natural, véase cuadro No.II-5.

b).- Sector Industrial.

Durante estos ocho años (1980-1987), aun cuando no se registró el detalle del consumo del gas natural en el sector industrial y en el renglón de uso doméstico, se puede inferir, según información de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), a través de sus publicaciones Balances de Energía (1975-1989) que la proporción promedio destinada al consumo industrial de gas natural es de 74.5% en promedio.

Por otra parte, el consumo de gas natural en el sector industrial registra un incremento promedio del 5.05% al año en el periodo 1988-1992, inferior a la tasa del sector eléctrico. El aumento se origina en virtud de que un importante número de empresas en la frontera norte, así como en el centro del país, ha sustituido el uso de combustóleo por el gas natural. Como referencia, basta señalar que del total de energía que se consumió en el sector industrial, durante 1990, el 43% se liberó mediante el gas natural. En el periodo comprendido de 1992-1995 la participación de este sector fue de 62% sin demostrar ningún incremento.

c).- Uso Doméstico.

La participación de este segmento de consumo en la demanda de gas natural durante los años 1980-1987, fue mínima (3.7% aproximadamente), según la misma fuente de la SEMIP, en el periodo 1988-1992, se incrementó su participación en el consumo, alcanzando un promedio de 7.48% con un incremento promedio al año de 4.5%. Esta situación resulta lógica si se considera que en los últimos años, la mayor parte de las unidades habitacionales en el centro y norte del país cuentan con sistemas de suministro de gas natural. Del periodo 1992-1995, en el sector doméstico hubo una disminución del 12.26% y un consumo de 6.1%.

CAPITULO III

DISTRIBUCION Y USO DEL GAS NATURAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

CAPITULO III
DISTRIBUCIÓN Y USO DEL GAS NATURAL EN LA ZONA
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

3.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

El gas natural que se consume en el valle de México, proviene principalmente de la región sur y sureste del país, a través de una red de 987 kilómetros de gasoductos y 10 estaciones de compresión, que se originan en Cd. Pemex, Tab., pasando por Nuevo Teapa y Cosoleacaque, Ver., hasta llegar a Venta de Carpio en el Estado de México. Además, en éste lugar se recibe gas natural que proviene de Poza Rica, Ver., mediante un gasoducto de 206 Km de longitud y 4 pulgadas de diámetro.

A través de Venta de Carpio se abastecen las ciudades de Tlaxcala, Tlax., Toluca, Edo. De México, Tula, Hgo., San Juan del Río, Qro., San Luis Potosí, SLP., Celaya y Salamanca, Gto., Guadalajara, Jal. y el Valle de México.

3.2 RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MÉXICO.

La distribución del gas natural en el Valle de México se lleva a cabo mediante una red de 206 kilómetros de gasoductos de diferentes diámetros (24", 22", 20", 16", 14", 12" y 10"), que recorren 18 zonas, a saber: San Cristóbal Ecatepec; Cerro Gordo; San Pedro Xalostoc; Valle de Aragón; Azteca Boturini; San Juan Ixhuatepec; Los Reyes-Puente de Vigas; Tlalnepantla; Lechería-Tultitlán; Cuautitlán; Industrial Vallejo; Azcapotzalco; Naucalpan de Juárez; Nonoalco; Anahuac-Col Irrigación; San Pedro de los Pinos; Villa Alvaro Obregón y Coapa.

En el cuadro No. III-1 se muestran en forma sucinta los principales sitios del área metropolitana por donde pasa la red, así como los principales diámetros que se tienen en dichos tramos.

Cuadro No. III-1

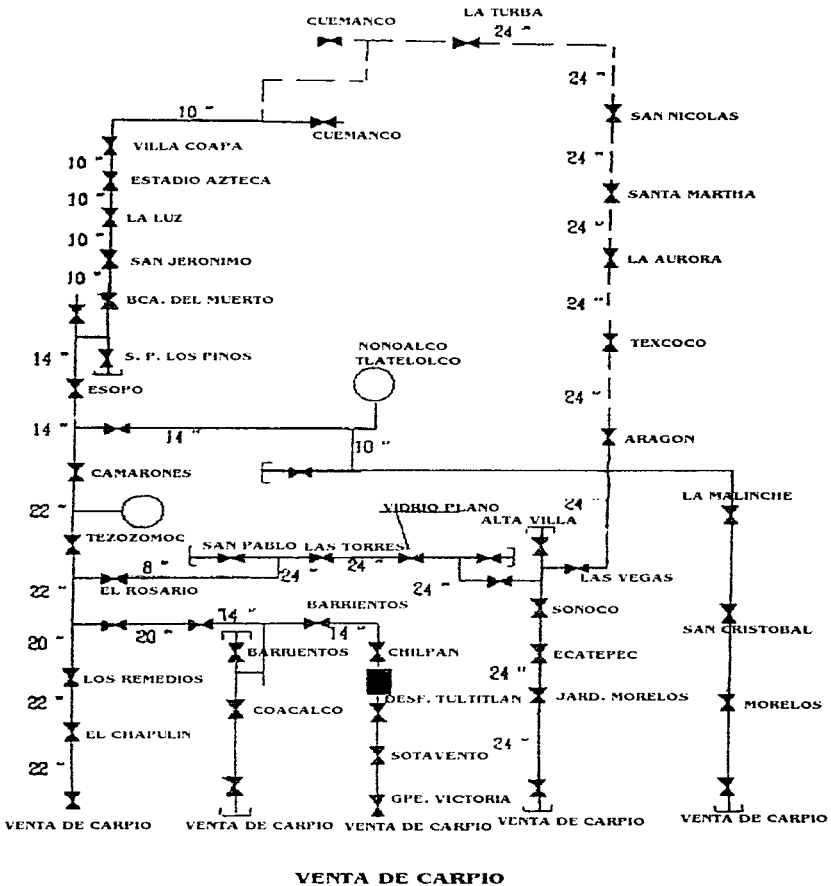
Red de gasoductos en el Valle de México.

ZONA	LOCALIZACION	DIAMETRO (Pulgadas)	LUGARES PRINCIPALES POR DONDE PASA LA RED
Z1	SAN CRISTOBAL ECATEPEC	24, 22, 20 y 16	FFCC México Apun, San Lorenzo Tetitlac, Seccionamiento Gipe Victoria
Z2	CERRO GORDO	22 y 20	Gran Canal de Desagüe, FFCC México Veracruz; Via Morelos, Autopista México-Pachuca.
Z3	SAN PEDRO XALOSTOC	24, 22 y 20	Río de los Remedios, Gran Canal, Carretera México-Pachuca.
Z4	VALLE DE ARAGON	22 y 14	Río de los Remedios, Congreso de la Unión, Gran Canal de desagüe.
Z5	AZTECA BOTURINI	14	Manuel González, Canal del Norte, Canal de desagüe Boturini.
Z6	SAN JUAN IXHUATEPEC	22, 20 y 10	Río de los Remedios, Progreso Nacional, Ave. La Presa, San Pedro Xalostoc.
Z7	LOS REYES PUENTE DE VIGAS	22, 20 y 10	San Pablo, Hlalnepantla, Los Reyes Istacala, Fabrica de Loza La Favorita.
Z8	TLALNEPANTLA	20 y 12	Barrios, Industrias IEM, Industrias CH, Barrios de Hlalnepantla.
Z9	LECHERIA TULHUILLAN	20 y 14	Barrios, Carretera circunvalacion, FFCC México Laredo
Z10	CUAUHTLAN	12 y 14	Force S.A., Vidriera Occidental S.A. a Venta de Carpio.
Z11	INDUSTRIAL VALLEJO	24, 22 y 16	San Juan Ixhuatepec-Río de los Remedios y Ave. Iezozomoc, Calzada Real San Martín y Ave. Cexlan.
Z12	AZCAPOTZALCO	22 y 16	Ex refinería 18 de Marzo, Azcapotzalco, Ave. Iezozomoc hacia Naucalpan y Nonalco.
Z13	NAUCALPAN DE JUAREZ	8	Refinería 18 de Marzo, Gobernador Sanchez Colin, Ave. Ingenieros Militares.
Z14	NONALCO	14 y 22	Calzada Camarones, Nonalco, Ave. Manuel Gonzales, hasta FFCC Hidalgo.
Z15	ANAHUAC IRRIGACION	14	FFCC Buenavista hasta San Pedro de los Pinos
Z16	SAN PEDRO DE LOS PINOS	14	Tomás de Plateros, Nuevo Bosque de Chapultepec por Ave. Central, Canario, GZ, Calderón.
Z17	VILLA ALVARO OBREGON	10 y 6	Anillo Periférico, Isidro Fabela hasta Alfonso XIII
Z18	COAPA	10	Tlalpan (Estadio Azteca), Granjas COAPA, Anillo Periférico.

Fuente: PEMEX Subdirección de Producción Primaria.- Gerencia de Sistemas de Ductos

Figura No. III-1
Red nacional de gasoductos

**DIAGRAMA DE DUCTOS TRONCALES
DE LA RED DE GAS DEL VALLE DE MEXICO**



La distribución de gas natural en el Valle de México se inició en 1953, año en que la longitud del ramal del gasoducto era de 1,127 metros; diez años después, la red ya contaba con una longitud de 13,817 metros, es decir, que en dicho período la infraestructura tuvo un incremento medio anual de 28.5%, lo cual se puede apreciar en el cuadro No. III-2.

Cuadro No. III-2
Red de gasoductos 1953-1993

AÑO	RED DE GASODUCTOS LONGITUD EN METROS	AÑO	RED DE GASODUCTOS LONGITUD EN METROS
1953	1,127	1974	43,173
1954	1,646	1975	44,373
1955	1,741	1976	50,548
1957	2,612	1977	53,287
1958	2,809	1978	56,400
1959	3,259	1979	56,880
1960	4,141	1980	57,298
1961	8,119	1981	58,657
1962	11,108	1982	60,142
1963	13,817	1983	65,118
1964	18,548	1984	65,460
1965	24,031	1985	65,775
1966	25,201	1986	65,870
1967	28,999	1987	65,991
1968	31,657	1988	66,703
1969	32,657	1989	66,724
1970	32,855	1990	66,876
1971	38,308	1991	67,526
1972	40,928	1992	68,222
1973	42,477	1993	69,335

Fuente: PEMEX, GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA, Subgerencia Zona Centro.

En la década 1963-1973 la red de gasoductos creció, en promedio, un 20.7% anual, gracias a este esfuerzo en 1973 se contaba ya con una longitud de 42,477 metros en ramales de gasoductos.

En el período 1973-1983, el ritmo de crecimiento fue menor que en las décadas pasadas, tanto en la infraestructura de distribución como en la capacidad de suministro.

En este lapso, el crecimiento medio anual de la red alcanzó el 4.4%, por lo que, en 1983 se alcanzaron un total de 65,118 metros de longitud los ramales de gasoductos para consumidores finales.

En los últimos diez años, período en el que la economía del país se caracterizó con problemas recesivos, altos índices de inflación y baja productividad, el crecimiento en la longitud de la red de gasoducto fue casi nulo, ya que sólo llegaría a crecer el 1% en promedio anual. La red actual de gasoductos registra un total de 69,335 metros de longitud. En términos generales, esta longitud actualmente está distribuida en los diámetros indicados en el cuadro No. III-3 y la figura No. III-1.

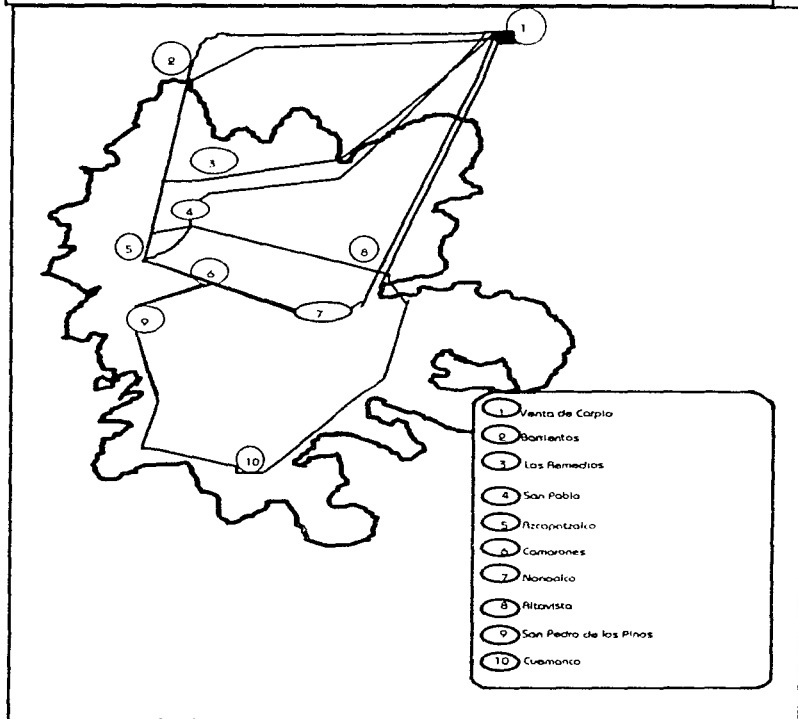
Cuadro No.III-3
Distribución de la Red de Gasoductos por Diámetro y Longitud
Zona Metropolitana de la Ciudad de México

DIÁMETRO (Pulgadas)	LONGITUD (Metros)
22.0	243.0
14.0	302.0
12.0	255.0
6.0	7,442.0
4.0	11,364.0
3.0	13,390.0
2.0	36,339.0
<hr/>	
TOTAL 69,335.0	

Fuente: PEMEX, GAS Y PETROQUIMICA BASICA, Subgerencia Zona Centro.

Figura No.III-2

Diagrama de la red de gasoductos en la ZMCM



3.3 USO DEL GAS NATURAL POR SECTORES ECONÓMICOS.

La utilización de este energético, parte de los años cincuenta, durante esa época en su totalidad era consumido por el sector industrial y para la generación de energía eléctrica; sin embargo, a partir de 1963 se efectúan instalaciones para el suministro y consumo de gas natural en unidades habitacionales. Durante la década de los setenta, también algunas unidades de servicio médico asistencial, incorporan el uso de gas natural en sus instalaciones.

De acuerdo con los registros estadísticos de PEMEX, a través de su Gerencia de Comercialización de Gas Natural, el consumo de combustible en el Valle de México en el pasado reciente, 1986-1992, se puede observar en el cuadro No. III-4, asimismo se aprecia la distribución en el uso del mismo, por los diferentes sectores: industrial, eléctrico y de uso doméstico.

Cuadro No. III-4
Zona Metropolitana de la Ciudad de México
Consumo de gas natural y uso por sectores económicos
millones de pies cúbicos por día

Año	Consumo Total	%	Uso en el Sector Industrial	Sector Eléctrico	Sector Doméstico
1986	223.4	19.08	163.1	53.6	6.7
1987	243.4	20.68	177.7	58.4	7.3
1988	230.9	20.20	168.6	55.4	6.9
1989	231.0	19.36	168.6	55.4	6.9
1990	246.0	18.31	179.6	59.0	7.4
1991	298.0	20.27	217.5	71.5	8.9
1992	325.0	22.4	237.3	78.0	9.8
1993	299.0	21.66	218.3	71.8	9.0
1994	270.3	18.64	198.6	63.8	7.9
1995	260.6	16.81	189.8	63.0	7.8

Fuente: PEMEX, Gas y Petroquímica Básica; Gerencia de Comercialización de gas natural y Azufre.

Nota: El porcentaje corresponde a la participación del Valle de México en el consumo nacional.

Durante este periodo de siete años, se registró un crecimiento medio de 7.5% anual; no obstante, en 1988, 1989 se observaron descensos en el consumo, respecto a 1987 y de 1990 a 1992 vuelve a presentarse una tendencia creciente. Cabe resaltar que este consumo es, aproximadamente, el 20% del total nacional durante el periodo citado. De 1993 a 1995 se presentó un descenso en el consumo respecto a 1992 del 25% y un consumo del 19% del total en el periodo citado.

Por otra parte, el 73% del volumen de gas natural consumido en el Valle de México, ha sido demandado por el sector industrial, un 24% es utilizado por el sector eléctrico y el 3% restante se ha canalizado para uso doméstico.

Las participaciones del sector industrial y del sector eléctrico se deben, gran parte, al hecho de que las autoridades federales y locales que participan en la lucha contra la contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, desde 1986 han pugnado para que las emisiones generadas por la industria, los servicios y las termoeléctricas se reduzcan a través del uso de gas natural, en lugar de combustóleo o diesel.

Por esta razón, muchas empresas localizadas en el Valle de México han efectuado la conversión de sus sistemas, sustituyendo los combustibles convencionales por gas natural. Asimismo, un alto porcentaje de la energía eléctrica consumida en el Valle de México proviene de plantas hidroeléctricas y turbo generadoras, que se ubican en sitios distantes al Valle de México por tanto, la capacidad de generación de energía eléctrica con gas natural ha permanecido prácticamente constante desde 1986 a la fecha.

3.4 EXPECTATIVAS A MEDIANO PLAZO

Todo indica que en los próximos años se mantendrá la tendencia observada en el consumo de gas natural, sobre todo si el Programa de Mejoramiento Integral del Ambiente en el Valle de México entra en una fase de obligatoriedad, tanto por parte de las autoridades locales del Distrito Federal, como de otras instituciones y dependencias del gobierno federal, entre ellas: la Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT; la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI; la Secretaría de Salud; la Comisión Federal de Electricidad, CFE y Petróleos Mexicanos, PEMEX.

En este sentido, si se demuestra plenamente que el uso de gas natural en los automotores es, al mismo tiempo, menos contaminante, más seguro en su manejo así como más rentable para los usuarios, se puede prever que cada día más empresas industriales, de servicio y de autotransportes adopten su uso, lo que traerá como consecuencia que el consumo de este combustible aumentará rápidamente, pues con sólo emplearlo en los autotransportes públicos, de carga y de pasaje, se requerirán grandes volúmenes para el abasto.

En respuesta a la expectativa de consumo, PEMEX ha previsto un mejoramiento y un aumento en la infraestructura de gasoductos que tiene a la fecha en el Valle de México; asimismo, a través de la Gerencia de Control y Medición, PEMEX proyecta modernizar y automatizar con tecnología de punta las estaciones de regulación y medición del gas natural. En el área comercial se ha previsto la simplificación de los procedimientos de asignación de suministro, además de estructurar el sistema de precios diferenciales; así como promover el uso de gas natural para carburación. En el caso de la Gerencia de Abastecimiento, PEMEX proyecta la negociación de contratos de suministro y transporte de gas natural; satisfacer la demanda interna de gas a través de producción nacional como de importación; incrementar su capacidad de almacenamiento y promover la interconexión con los centros productores de gas natural de los Estados Unidos.

CAPITULO IV

PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

4.2 PROPIEDADES COMO COMBUSTIBLE

El poder calorífico inferior o neto de un combustible, representa la energía química liberada en forma de calor de reacción como consecuencia de la combustión. Para un combustible automotor, el poder calorífico volumétrico del mismo tiene una incidencia directa sobre la necesidad de almacenamiento de combustible a bordo del vehículo y sobre la autonomía de recorrido.

La potencia de el motor por unidad de volumen del mismo, depende del poder calorífico de la mezcla combustible-aire que ingresa al cilindro. Las propiedades de dicha mezcla gobiernan el proceso de combustión en el motor, afecta el consumo específico de combustible y la autonomía de recorrido.

Debido a su elevado número de octanos, el gas natural ofrece excelentes propiedades para los motores de combustión interna, similar a las gasolinas, ya que puede ser fácilmente medido y mezclado con el aire de manera eficiente, razón técnica por la que los motores de combustión interna pueden convertirse al uso de GNC. El motor de combustión interna, es también conocido como motor de ciclo Otto o de cuatro tiempos. La energía que se genera dentro de este motor al realizarse la combustión se transforma en energía motriz en virtud del trabajo desarrollado al pasar por cuatro tiempos: admisión, compresión, explosión y expulsión o escape.

El gas natural es considerado el combustible ideal para motores que operan bajo ciclo OTTO (ignición por chispa). Al presentarse en fase gaseosa bajo condiciones normales de operación, se mezcla fácilmente con el aire en cualquier proporción evitando los problemas del arranque en frío y la necesidad de enriquecer la mezcla para salvar esta situación. Sin embargo una desventaja que presenta el gas natural, es su baja densidad energética que se evidencia al compararlo con la gasolina. Un tanque lleno de gasolina representa 900 veces el contenido energético del mismo volumen de gas natural.

Sus propiedades físicas impiden que se produzca su ignición por simple compresión por lo que su empleo se restringe a los motores diesel convencional, el mismo debe convertirse a ignición para operar con gas natural o agregarse diesel para que este induzca la ignición del gas.

Motores de combustión interna estacionarios pueden conectarse directamente a la red de suministro de gas natural pero para el caso de vehículos, se requiere de transportar un almacenamiento a bordo del mismo. Con el objeto de alojar una cantidad razonable de combustible en un volumen pequeño, se recurre a comprimir el gas a presiones que van desde los 2400 (PSIG) hasta 3600 (PSIG), para lo cual se utilizan cilindros especialmente diseñados para estas presiones.

Su registro de octano de 130 es el más elevado de los combustibles convencionales y lo hace apto para trabajar en motores con relaciones de compresión tan altas como 13:1 frente a las convencionales 8-9:1 de las gasolinas.

Sus límites de flamabilidad le permiten trabajar con mezclas combustibles con gran proporción de aire hasta un 60% aumentando su eficiencia y mejorando sensiblemente la calidad de las emisiones.

Este elevado número de octano significa un cetano bajo, por lo que no se da lugar a una auto ignición, bajo condiciones normales de operación en un motor tipo diesel, por lo cual debe recurrirse a una fuente externa de ignición.

4.3 CALIDAD DEL GAS NATURAL.

Los productos de una reacción química están invariablemente ligados a los reactivos que intervienen en la misma, siempre que mantengan las condiciones de presión y temperatura de la reacción.

La combustión del gas natural, como en el caso de cualquier otro combustible, significa una reacción de oxidación. La composición del mismo permitirá predecir los productos de esta reacción bajo ciertas condiciones del entorno. Si la composición varía, fuera de ciertos límites de tolerancia aceptados, el análisis cualitativo y cuantitativo de los productos obtenidos en la reacción diferirá sensiblemente de lo esperado.

Por lo expresado, los actuales parámetros de emisiones vehiculares que se asocian a la combustión del gas natural sólo serán realistas y podrán exigirse si simultáneamente se controla la composición del gas que origina estas emisiones.

El gas natural está compuesto principalmente por metano (88 a 96 % en moles) con algunos otros alcanos (etano, propano, butano), en proporciones menores. Otros compuestos presentes en el gas natural son nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), y trazas de compuestos sulfurados como ácido sulfhídrico (H_2S).

Antes de ingresar al sistema de transmisión, el gas es procesado para disminuir hasta su casi total eliminación la cantidad de ácido sulfhídrico, gases inertes e hidrocarburos pesados condensables presentes. Se adicionan mercaptanos ó fenoles con el fin de proporcionar al gas natural un odorizante que permita reconocer su presencia para el caso de fuga, dado que por sí mismo el gas natural es inodoro.

Debe limitarse el contenido de agua, como también el de otros precursores de corrosión como hidrocarburos pesados que pueden condensarse dentro del sistema.

4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para lograr un óptimo aprovechamiento de las propiedades del gas natural como combustible automotor, debe mantenerse su composición dentro de límites tolerables. La calidad de este gas se manifiesta sensiblemente en una variación del poder calorífico del mismo. Un gas húmedo, con alto contenido de etano y propano, puede ver incrementado su poder calorífico hasta en un 25%, mientras que la presencia de gases inertes como en el caso del gas natural en Holanda y Nueva Zelanda, lo reduce sensiblemente.

Una gran cantidad de hidrocarburos pesados enriquecen la mezcla ocasionando una disminución en su octanaje que se evidencia por un aumento en la emisiones y golpeteo en el motor, asimismo la excesiva cantidad de gases inertes origina una mezcla pobre, que reduce la potencia del motor.

Para evitar condensaciones que causan corrosión en el sistema, debe asegurarse la ausencia de vapores de agua. Otro componente importante que debe eliminarse mediante procesos de desulfurización es el azufre, el cual suele estar presente como ácido sulfhídrico (H_2S). Su acción es altamente corrosiva afectando tanto a los equipos integrantes del sistema de compresión y especialmente a los cilindros de almacenamiento vehiculares.

Cuadro No. IV-1**Composición del gas natural de acuerdo a su procedencia**

COMPONENTE	Austria	Holanda	México (1)	México (2)
CH ₄ - Metano	98 % mol	83.7 % mol	88.3 % mol	93.8 % mol
CH ₃ - Etano	0.70 % mol	3.64 % mol	9.60 % mol	2.50 % mol
C ₃ H ₈ - Propano	0.25 % mol	0.70 % mol	1.10 % mol	0.80 % mol
C ₄ H ₁₀ - Butano	0.04 % mol	0.23 % mol	0.20 % mol	0.30 % mol
N ₂ - Nitrógeno	0.85 % mol	10.49 % mol	1.00 % mol	2.00 % mol
CO ₂ - Bióxido de Carb.	0.16 % mol	1.14 % mol	0.02 % mol	0.50 % mol
S - Azufre	-	---	-	-
ρ (mg/m ³)				
Poder calorífico (MJ/m ³)	35.9	33.5	36.8	34.3
Densidad (kg/m ³), (0°C, 1.013 Bar)	0.735	0.835	0.784	0.734

Austria: Valores correspondientes al año 1990 sobre un gas importado de Rusia.

Holanda: Valores correspondientes al año 1988 sobre un gas procedente de Groningen.

México (1): Valores correspondientes al año 1991 sobre un gas procedente del Valle de México.

México (2): Valores correspondientes al año 1991 sobre un gas procedente de la zona Norte del país.

En Argentina a principios de la década de los ochenta, se anunció que destinarían más de 12 millones de dólares de los fondos del Banco Mundial para instalar 29 estaciones de servicio y convertir 5 mil vehículos al uso de gas natural comprimido. En este momento Argentina cuenta con más de 200 mil vehículos operando con GNC y estaciones de servicio.

En los Estados Unidos, el GNC se viene usando desde los años sesenta y debido a los precios competitivos del gas natural comprimido, así como al desarrollo de las tecnologías de punta para el uso de este combustible, se están logrando importantes cambios que económica y tecnológicamente, hacen que sea competitivo respecto a la gasolina. Hoy existen alrededor de 300 estaciones de GNC privadas y 25 públicas, así como alrededor de 35 mil vehículos convertidos.

En México debido al agudo problema de la contaminación atmosférica, en varios de sus núcleos urbanos, se ha iniciado el programa de instrumentación para la conversión de vehículos a gas natural comprimido ya que de acuerdo a lo señalado, es un excelente

combustible para vehículos automotores, a pesar de su relativa desventaja respecto a la gasolina en el renglón de su poder calorífico

Por otra parte, el uso del gas natural comprimido como carburante ha obligado al desarrollo de tecnología, en cada una de las etapas que lo hacen llegar de las fuentes productoras hasta el consumidor final, es decir, tecnologías en los sistemas de autotransporte, de abasto y llenado de los vehículos y de conversión de las unidades automotrices.

El transporte del gas natural desde las zonas productoras hasta los sitios de consumo, se realiza mediante gasoductos; aun cuando dicho sistema de transporte para el abasto es utilizado ampliamente a nivel internacional, el proceso también puede efectuarse empleando contenedores criogénicos en virtud de que puede licuarse.

El licuado del gas natural se realiza sometándolo a una presión de 600 psi y a una temperatura de -162 grados centígrados. Los contenedores criogénicos deberán ser de doble pared y con material aislante intermedio en dichas paredes.

La composición y propiedades físico-químicas del gas natural, permiten su utilización como combustible en vehículos automotores, tanto del ciclo Otto como en motores Diesel, lo que ha permitido el incremento de su popularidad, sobre todo en aquellos países en donde existen grandes urbes, con fuertes concentraciones de parque vehicular, que por el tipo de gasolinas que consumen son fuentes crecientes de contaminación atmosférica.

La creación y operación de una infraestructura de abastecimiento integrada por una red de estaciones de suministro estratégicamente distribuidas, juega un papel determinante en las estrategias de desarrollo de un combustible alternos, ya que transmiten al usuario la seguridad de disponer en todo momento del combustible.

El manejo del gas natural comprimido, es similar al de cualquier otro gas a alta presión. Los ductos y conexiones deben seleccionarse especialmente para esta aplicación.

El gas natural llega a las estaciones generalmente por medio de gasoductos, por lo que su ubicación está condicionada por la cercanía a la redes; aunque para aquellos lugares en donde no exista este sistema de distribución, pueden emplearse estaciones satélites, las cuales reciben el gas mediante algún sistema de transporte como serían los

cilindros de gran capacidad montados sobre un trailer, donde se transporta el gas natural comprimido. Cuando es necesario recorrer grandes distancias, el transporte resulta más económico y eficiente si se maneja el gas natural líquido (GNL).

El servicio de recarga al vehículo del usuario se realiza conectándolo con una línea de suministro a alta presión en una estación de servicio, la cual puede alimentarse de un compresor instalado en la misma o de un sistema de almacenamiento donde se encuentra el gas natural comprimido.

Con el objeto de incrementar la cantidad de gas almacenado en los vehículos y con ellos obtener una mayor autonomía de recorrido por cada carga de combustible, se comprime a elevadas presiones y así se suministra a los cilindros vehiculares. Finalmente la combustión del gas en el motor del vehículo se realiza a presiones ordinarias por lo que la comprensión responde sólo a la necesidad de aumentar el almacenamiento. Por lo tanto una estación de suministro no es solamente un centro de recepción y transferencia del combustible, sino que las mismas cuentan con instalaciones especialmente diseñadas para realizar la comprensión del gas de acuerdo a los requerimientos del mercado.

4.5 GAS NATURAL LICUADO (GNL)

Antecedentes Técnicos

El gas natural líquido se ha utilizado principalmente como una alternativa para el transporte y almacenamiento de gas a bajas presiones, aprovechando la reducción significativa de su volumen (600 pies cúbicos de gas natural se convierten en 1 pie cúbico de gas natural líquido). Entre sus propiedades físicas, están las señaladas en el cuadro número III-2, las cuales se comparan con el Gas Natural Comprimido y el Diesel.

Cuadro No. IV-2
Propiedades del Gas Natural Licuado

	GNL	DIESEL	GNC
Gravedad específica (Vapor)	0.6	4-6	2-4
Gravedad específica (líquido)	0.42	0.85	0.74
Volumen/energía equivalente	1.8	1.0	1.12
Límites de flamabilidad %	5-15	0.6-5.5	1.4-7.6
Temperatura de auto ignición °F	1,004	437	428
Temperatura de flama °F	3,423	3,729	3,590

4.6 EQUIVALENCIAS

Tradicionalmente al referirse a un combustible se usan unidades de volumen para su medición como galones o litros, su precio se refiere a pesos o dólares por litro o galón y su rendimiento como millas por galón o kilómetros por litro.

Sin embargo estos valores sólo suministran una fuente relativa de comparación entre distintos combustibles, porque el contenido energético por unidad de volumen de los mismos, no es equivalente. Por lo tanto el concepto de equivalencias energéticas es muy importante cuando intentamos cuantificar beneficios y desventajas comparativas entre combustibles.

Además del contenido energético existen otros conceptos que deben definirse adecuadamente para poder realizar comparaciones efectivas. Se trata de parámetros que definen el comportamiento de un motor dentro de los cuales mencionamos su eficiencia termodinámica operando con distintos combustibles y la velocidad de respuesta del mismo. Por lo anterior se concluye que al intentar establecer equivalencias entre combustibles debe analizarse caso por caso por las características particulares de cada aplicación.

Una aproximación sencilla sería considerar sólo la equivalencia relativa al contenido energético de los combustibles. Si bien este contenido tampoco es constante porque es función de la composición del combustible y esta varía de acuerdo al origen del mismo, las mezclas y adiciones que se efectúan, etc., suelen tomarse valores promedios que son suficientemente representativos.

Cuadro No. IV-3

Equivalencias del Gas Natural Licuado respecto a otros combustibles líquidos

	Gal Diesel (135,000 BTU/Gal)	Gal Gasolina (118,000 BTU/Gal)	Gal LNG (84,900 BTU/Gal)
1 Gal Diesel	1.0	1.14	1.6
1 Gal Gasolina	0.87	1.0	1.4
1 Gal GNL	0.63	0.72	1.0

De acuerdo al cuadro III-3, 5 galones de Diesel representan 8 galones de Gas natural Líquido, y viceversa, un galón de gas natural líquido representa energéticamente a 0.63 galones de Diesel y 0.72 galones de gasolina.

El gas natural es más ligero que el aire, por lo que se disipa rápidamente a la atmósfera en lugar de concentrarse a niveles bajos como en el caso de los vapores en los combustibles convencionales cuando existe una fuga.

El gas natural líquido tiene un punto normal de ebullición (a 1 atm de presión) de -260°F (-162°C), evaporándose rápidamente cuando se expone a temperaturas mayores. Originalmente el gas natural es inodoro por lo cual los estándares que regulan su manejo solicitan explícitamente que el mismo sea odorizado mediante el agregado de mercaptanos o compuestos similares, que permitan detectar su presencia para el caso de una fuga.

El gas natural, como cualquier otro combustible, es una sustancia inflamable, lo que hace delicado su manejo, el conocimiento y la precaución necesaria.

4.7 FLUIDOS CRIOGÉNICOS.

La producción y uso de fluidos criogénicos han existido por más de treinta años en campos como medicina, biología, programas espaciales y metalurgia. El público en general, empieza a familiarizarse con el uso de los mismos en diversos campos de la ciencia e industria.

El vocablo criogénesis deriva del griego y significa generación de frío. Aunque este significado no define exactamente cuando una temperatura es considerada criogénica; la práctica establece que temperaturas por debajo de los -150°F (-101°C) son consideradas criogénicas.

Todos los gases, incluyendo el gas natural (metano), son licuables al ser sometidos a temperaturas suficientemente bajas como para propiciar este cambio de estado. Los gases licuados reciben el nombre genérico de fluidos criogénicos. Una vez licuado, los gases permanecen en estado líquido aún cuando se encuentren a presión atmosférica, mientras se mantenga su temperatura de saturación (-260°F en el caso del gas natural). Por esta causa los contenedores de fluidos criogénicos son generalmente aislados al vacío, para minimizar la transferencia de calor con el ambiente que pudiera ocasionar la vaporización del mismo.

Tomando en cuenta que no existe un aislamiento perfecto, algo de calor siempre alcanzará al gas natural líquido almacenado provocando un incremento proporcional en la presión y temperatura del mismo. A menos que el recipiente tenga incorporado algún mecanismo para evacuar o recuperar la vaporización producida, se observará un incremento en la presión y temperatura de la mezcla líquido/gas de acuerdo a su curva de equilibrio de saturación.

Evidentemente se debe evitar la existencia de venteos permanentes de gas natural en un tanque de almacenamiento vehicular, por lo cual estos están diseñados para minimizar "pérdidas calóricas" y soportar aumentos de presión proporcionales a períodos razonables de almacenamiento del combustible.

Diversos materiales se tornan sumamente frágiles cuando son expuestos a temperaturas criogénicas, por esta razón no son apropiados para estas aplicaciones. Las excepciones más notables son los materiales no ferrosos como el aluminio, cobre, níquel

y elastómeros como fibras de vidrio, resinas epóxicas y teflones, los cuales conservan su ductilidad al exponerlos a tan bajas temperaturas, incrementando por el contrario sus propiedades de resistencia a la tensión.

4.8 LICUEFACCIÓN DEL GAS NATURAL.

Durante el proceso de licuefacción del gas natural mediante un sistema criogénico y una desulfurización por absorción de los compuestos de azufre y CO₂ con en una solución de dietanolamina (D.E.A.) se produce un enriquecimiento del mismo en cuanto a la presencia de metano se refiere, al separarse algunos de los compuestos presentes por registrar temperaturas de licuefacción superiores a las del metano. Este es el caso del agua, dióxido de carbono, compuestos de azufre e hidrocarburos pesados.

Comparativamente se presenta la composición del gas natural antes y después del proceso de licuefacción en el cuadro número IV-4

Cuadro No. IV-4
Cambios en la composición del gas natural ante la licuefacción

Componente	Antes de licuar		Gas natural Licuado	
Metano	81.3-92.5	% mol	95.3	% mol
Etano	2.0 - 7.0	% mol	4.1	% mol
Propano	0.27 - 3.0	% mol	0.43	% mol
Iso-Butano	0.03 - 0.32	% mol	0.04	% mol
N-Butano	0.01 - 0.25	% mol	0.04	% mol
N-Pentano	0.01 - 0.90	% mol	0.01	% mol
Hexano	0.02 - 0.17	% mol	0.05	% mol
Nitrógeno	0.26 - 10.0	% mol	0.02	% mol
Agua	3.5 - 20	lbs/MMcf	--	
Oxígeno	0 - 10	ppm	--	
Dióxido de carbono	0.47 - 1.50		--	
Compuestos de Azufre	0 - 1.2		--	

La operación de licuefacción consiste en el enfriamiento del gas natural a una temperatura de -260 °F (-126 °C) por medio de una expansión, para propiciar su paso de fase gaseosa a fase líquida, y poder obtener mediante una destilación fraccionada un producto con amplias ventajas de almacenamiento. El enfriamiento se realiza por medio de un equipo de expansión y un refrigerante, encargado de absorber la remoción calórica realizada y transferirla a su vez al ambiente o aprovecharla para algún proceso paralelo.

CAPITULO V

APLICACIONES DEL GAS NATURAL Y SU BENEFICIOS

CAPITULO V
APLICACIONES DEL GAS NATURAL
Y SUS BENEFICIOS

Se contempla la problemática de la preservación del medio ambiente y específicamente del control de la contaminación del aire, definiendo las siguientes acciones:

- Extender y consolidar los programas de contingencia para las áreas metropolitanas, las áreas críticas y los puentes industriales.
- Extender la cobertura y reforzar la operación de los sistemas para el monitoreo de la calidad del aire.
- Acelerar la producción, distribución y uso de combustibles con un contenido bajo de contaminantes.
- Establecer los mecanismos necesarios para moderar el uso de los combustibles, especialmente en las grandes ciudades, desalentando el uso de transporte privado y aumentando la eficiencia del transporte público.
- Regular y restringir el uso de sustancias que acaban con la capa de ozono y con aquellos que producen el efecto invernadero; y
- Reducir las emisiones de dióxido de sulfuro, óxido de nitrógeno, hidrocarburos, plomo, monóxido de carbono y partículas sólidas.

La herramienta más destacada en el proceso de instrumentación de estas acciones en la ZMCM, está representado por el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA), cuya aplicación se inició desde el 15 de octubre de 1990.

El PICCA considera cinco estrategias para reducir la emisión de contaminantes en el aire, las cuales consisten en:

1. La elaboración de combustibles más limpios, cuyo uso en el transporte, la industria y los servicios permitan generar una menor cantidad de emisiones contaminantes y que estas sean menos tóxicas y reactivas en la atmósfera.

2. **Expansión del transporte colectivo, desaliento al uso del auto privado y control de emisiones de los vehículos.**
3. **Control de las emisiones generadas por la industria, los servicios y las termoeléctricas.**
4. **Reforestación del Valle de México**
5. **Educación ambiental, participación activa de la sociedad e investigación local.**

El PICCA ha permitido fortalecer y conferir una mejor coordinación a las acciones que desde 1988 venían ejecutando diversas dependencias y entidades, tanto del Gobierno Federal, como del Gobierno del Estado de México, así como organizaciones de la ciudadanía. Algunas de estas, afines a las estrategias y objetivos de este programa, fueron incorporadas en él, de tal manera que a la fecha se identifican un total de 41 acciones específicas con diverso nivel de instrumentación.

En el ámbito del control de las emisiones vehiculares destacan las siguientes:

Industria Petrolera

Se han logrado avances significativos en la elaboración de gasolinas con calidad ecológica internacional, a través de la investigación, ampliación e instalación de plantas y modificación de procesos.

Recientemente PEMEX ha iniciado la distribución de diesel con bajo contenido de azufre, Diesel Sin, para lo cual fue necesaria la construcción de nuevas plantas.

Asimismo, PEMEX ha empezado a producir compuestos oxigenados como el TAME (etil metil terbutílico éter) y MTBE (teramil metil éter), compuestos que se agregan a las gasolinas para mejorar su combustión, así como isómeros del butano y pentano, IC₄ IC₅ y alquilado.

Se ha incrementado el suministro de gasolina sin plomo para los vehículos 1991 y posteriores, equipados con convertidor catalítico, estimándose que en 1994 el 40% del consumo de gasolina en la ZMCM correspondió a Magna Sin, y en el último año se introdujo la nueva gasolina denominada Premium también sin plomo.

En tanto se intensifica la operación de la infraestructura para producción de MTBE, se continuará importando este producto con el propósito de continuar el suministro de gasolina oxigenada.

Transporte

Desde 1991 se inició la instalación de convertidores catalíticos en todos los vehículos automotores, para 1993 las normas de emisión para vehículos nuevos son tan estrictas como las que aplica en Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental.

El programa "Hoy No Circula", iniciado en 1989, ha permitido retirar de la circulación el 20% de la planta vehicular de la ZMCM que utiliza como combustible diesel o gasolina. A partir de 1991 se extendió a taxis y microbuses, ampliándose en 1993 a los vehículos escolares y de transporte a empleados.

El "Programa de Verificación Obligatoria de vehículos a gasolina, diesel, gas L.P. y gas natural", iniciado en diciembre de 1989 y que para 1993 es aplicable dos veces al año a cada unidad, se ha ampliado y modernizado para alcanzar una red de 795 centros de verificación, que para fines de 1993 sumaron un total de 28 "macrocentros", destinados preferentemente a vehículos de uso intensivo, como son taxis, microbuses y autobuses de carga mercantil. Se estima que la capacidad instalada permite brindar el servicio anualmente a 2.7 millones de vehículos.

Por otra parte, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es responsable de la verificación semestral obligatoria de un parque vehicular compuesto por aproximadamente 200 mil camiones de transporte público federal de pasaje y carga, manteniendo además un operativo permanente para detención de vehículos ostensiblemente contaminantes en las carreteras federales de acceso a la ZMCM. Con la finalidad de evitar la alteración intencional en las pruebas de verificación, desde 1993 los centros de verificación cuentan con nuevos analizadores de gases equipados con computadora y sistemas de seguridad.

La conversión de flotillas de vehículos que usan gasolinas, a gas L.P. incorporando convertidores catalíticos y a gas natural, es una excelente opción que se ha venido promoviendo activamente. En febrero de 1992 se inició el Programa para el Uso de Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural Comprimido en el Autotransporte Público y Concesionado, considerando la posible conversión en 200 mil unidades. La Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica en el Valle de México ha venido actuando para ese objetivo en cuatro vertientes:

- Certificación de sistemas de conversión a gas.
- Actualización del registro de vehículos convertidos.
- Localización y evaluación de predios para instalar estaciones de suministro de gas y.
- Desarrollo de la normatividad en materia de equipos de carburación y estaciones de abastecimiento.

Los taxis, combis y microbuses que realizan el transporte público de pasajeros en la ZMCM, consumen aproximadamente el 18% de la gasolina. A partir de 1991 todos las unidades que se han incorporado cuentan con convertidores catalíticos de tres vías. Para reforzar la medida, a partir de 1992 el Manual de Revista obligo a retirar de la circulación las combis de modelo anterior a 1984 y taxis anteriores a 1986.

Con la colaboración del Instituto Nacional de Ecología, se ha demostrado la factibilidad técnica y económica de instalar convertidores catalíticos en vehículos usados. Este aditamento deberá ser incorporado exclusivamente en talleres especializados cumpliendo con los términos del Acuerdo Intersecretarial SECOFI-SEDESOL, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 1991, mismo que especifica las características de los equipos.

Si bien la relación es indirecta con el control de emisiones contaminantes en vehículos, por su íntima relación con los fines de estudio, en cuanto se atañe a la utilización de gas natural, destacan otras acciones previstas. Entre ellas, la conversión de sistemas para utilizar gas natural en sustitución de combustible en 365 empresas (a diciembre de 1992), que utilizan este tipo de fuente energética, permitió la reducción de

40 toneladas al día de emanaciones de azufre. Para satisfacer esta demanda de gas natural, PEMEX asumió el compromiso de suministrar 28 millones de pies cúbicos al día.

De igual forma, mediante una acción concertada entre la Secretaría de Energías, Minas e Industria Paraestatal y la Comisión Federal de Electricidad, se inició a partir de 1986 la sustitución gradual de su consumos de combustóleo por gas natural en la central Valle de México, proceso que ha alcanzado el 95% y 100% desde 1989 en la termoeléctrica Jorge Luque.

Las características climatológicas descritas en el capítulo I "LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE DEL VALLE DE MÉXICO", que actúan sobre el Valle de México, sobre todo durante el invierno, al conjugarse con las actividades de sus habitantes en el mismo periodo del año, propician el incremento de los índices establecidos para la medición de la contaminación atmosférica (IMECAS), estos pueden incluso alcanzar niveles que ponen en riesgo la salud.

En previsión a estos fenómenos se formuló el Programa de Contingencia Atmosféricas, que entra en operación ante situaciones de emergencia y tiene como objetivos:

- Reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos en la industria, los servicios y el transporte, ante situaciones meteorológicas desfavorables.
- Evitar la exposición de la población, en especial los niños, ancianos y enfermos, a niveles de contaminación riesgosos para la salud.
- Encauzar la participación ciudadana ante la previsión de una contingencia de contaminación atmosférica.

El programa se integra por un conjunto de medidas cuya aplicación se determina en función de la gravedad de la situación, las cuales se clasifican en tres fases:

Fase I

Si el nivel de contaminación fluctúa alrededor de los 250 puntos del IMECA, en amplias zonas de la ciudad y las predicciones atmosféricas son desfavorables, se prevé la aplicación de las siguientes medidas:

1. Se determina una reducción en la actividad industrial del 30% al 40%; si los niveles se anticipan más altos, se determinan mayores porcentajes
2. Se establecen dispositivos específicos para agilizar el tráfico en la zona metropolitana.
3. Se reduce el 50% de la circulación de los vehículos de entidades gubernamentales, con excepción de servicios básicos y de emergencia.
4. Se suspenden tareas de asfaltado, señalamiento y reparación en calles.
5. Se alerta y orienta acerca de la aplicación del programa a la población a través de los medios masivos de comunicación, y se le exhorta a la disminución del uso del auto particular.
6. Aviso por correo electrónico, cada hora, a las escuelas situadas en las zonas de alta contaminación, con objeto de evitar en ellas actividades al aire libre mientras ocurre el evento.

Fase II

El operativo entra en vigor cuando la contaminación fluctúa cerca de la os 350 puntos del IMECA, dependiendo una vez más de que tan generalizado sea el problema y de los pronósticos meteorológicos. A las medidas de la fase anterior se agregan:

1. Extensión obligatoria del Programa "Hoy no Circula" a vehículos que no son de transporte de pasajeros o de carga. Los vehículos de transporte de pasajeros y carga se operan normalmente, para el resto se aplica de la siguiente forma el llamado "Doble Hoy No Circula":

DÍA	COLOR DE CALCOMANIA	PLACAS
Lunes:	amarillo y rojo	(5-6 y 3-4)
Martes:	rosa y verde	(7-8 y 1-2)
Miércoles:	rojo y azul	(3-4 y 9-0)
Jueves:	verde y amarillo	(1-2 y 5-6)
Viernes:	azul y rosa	(9-0 y 7-8)
Sábado:	pares, cero y permisos	
Domingo:	none	

2. Suspensión de las clases en las escuelas, para evitar la exposición de los niños a la contaminación y reducir el movimiento de vehículos. Las guarderías continúan funcionando normalmente.
3. Mayor reducción en los niveles de la actividad industrial. Hasta un 75% en las industrias críticas y un 50% en las industrias concertadas. Los porcentajes y el tipo de industrias que pudieren cesar sus actividades se decide depende de las condiciones y de la composición de los contaminantes en cada caso.

Fase III

La aplicación de las medidas contempladas en las fases I y II, ayudará a controlar los índices agudos de contaminación. En la eventualidad de alcanzarse una situación crítica que llegue a los 450 puntos del IMECA, con un pronóstico atmosférico malo, entra en vigor la fase III, en lo que se determina una suspensión de actividades semejante a un asueto general.

Con la finalidad de dar mayor celeridad y eficacia a las acciones en materia ambiental para la ZMCM, el 8 de enero de 1992 se creó la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, a la cual se le asignaron las siguientes funciones:

- Definir y coordinar las políticas, programas y proyectos ambientales en el Valle de México
- Establecer mecanismos de coordinación interinstitucional
- Acordar programas de investigación y desarrollo tecnológico, así como de formación y desarrollo de recursos humanos.
- Definir los mecanismos para integrar los programas y fondos de financiamiento acordados por la propia Comisión Metropolitana.

5.1 USO DEL GAS NATURAL PARA DISMINUIR LOS EFECTOS CONTAMINANTES DE LOS VEHÍCULOS EN LA ZMCM

Se ha comprobado que el crecimiento del número de vehículos registrados en los últimos años en la ZMCM, ha sido uno de los factores que más ha agudizado el problema de la contaminación. Las medidas aplicadas a la fecha, han disminuido los niveles de contaminación. En los años recientes, los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, consideran al problema de la contaminación como un asunto de prioridad, que requiere atención inmediata y efectiva, por ello se han instrumentado distintos programas para minimizar, en la medida de lo posible, los altos niveles de contaminación.

Sin embargo, aún falta mucho por hacer en la lucha contra la contaminación, por ello y en apoyo a la búsqueda de alternativas que coadyuven a la disminución de la misma, las autoridades del Departamento del Distrito Federal han considerado conveniente analizar una opción más, que potencialmente podría contribuir efectivamente a atacar dicho problema; esta consiste en el análisis de la factibilidad de usar GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC), como combustible alternativo a la gasolina, diesel y gas L.P., el cual de acuerdo a sus características físico químicas descritas anteriormente, permitirá entre otros, los siguientes beneficios:

- Una disminución en los costos de operación del usuario, en virtud del precio de venta, el cual es por unidad de energía equivalente, menor al precio de la gasolina.
- Una reducción en la emisión de residuos contaminantes, resultado del mayor octanaje que tiene el GNC (130), el cual mejora sustancialmente el proceso de combustión en relación a la gasolina o diesel.
- Los beneficios colaterales que se pueden generar en la salud de los habitantes, al disminuir el nivel de emisiones contaminantes en la atmósfera.

- La conversión, en el mediano plazo, de la flota vehicular existente en la ZMCM, mediante la instalación del equipo de carburación (paquete de conversión), el cual permitiría el uso de GNC.

Teniendo en cuenta que países altamente desarrollados como los Estados Unidos, Canadá e Italia, al igual que otros como Argentina y Nueva Zelanda, cuentan a la fecha con un elevado número de vehículos que operan con gas natural comprimido, en virtud de los beneficios económicos y ambientales, que de él se obtienen; surge la expectativa de implementar su uso común en la ZMCM como una alternativa de carburante viable, que permitirá contribuir a la disminución del nivel de contaminantes producidos por el transporte de carga y pasajeros.

5.2 SEGMENTOS DE MERCADO SUCEPTIBLES DE EMPLEAR GNC

Dentro de la problemática planteada, relativa al dinamismo con que viene creciendo el parque vehicular en la ZMCM, existen ciertas variables que permiten inducirnos hacia aquellos segmentos de transporte dentro del parque vehicular que podrían ser los más indicados para convertir su sistema de carburación, de gasolinas o diesel, a gas natural comprimido.

Estas variables son: capacidad de ocupación del vehículo, es decir, número de pasajeros que transporta, capacidad de carga e intensidad de su uso diario. Asimismo existen factores tecnológicos que delimitan en que tipo de vehículos es viable, técnica y funcionalmente posible, la conversión de sus sistemas de carburación a GNC.

De acuerdo con estas premisas, encontramos que los automóviles particulares son un medio de transporte que recorre en promedio durante el año alrededor de 10 mil kilómetros por unidad, además el problema de sus emisiones contaminantes ha disminuido sustancialmente debido a la aplicación de dos medidas establecidas por la autoridad: el equipamiento con convertidores catalíticos y el abastecimiento con gasolinas sin plomo, por lo que no se contemplan como usuarios potenciales de GNC.

En el caso de los taxis, estos recorren en promedio más de 70 mil kilómetros al año por unidad y representan a la fecha aproximadamente el 5.43% del parque vehicular, sin embargo, en virtud de tratarse principalmente de vehículos compactos (VW, Nissan, Chrysler y Ford), existen limitaciones en cuanto al sistema de almacenamiento de los recipientes que contienen el GNC, ya que este componente reduciría espacio al compartimiento de equipaje, por lo tanto no es funcionalmente viable para el uso de este combustible.

Los segmentos que resultan entonces atractivos por su capacidad de carga y en pasaje, así como por su intensidad de uso, son los camiones para carga mercantil, los autobuses de pasaje y los microbuses de transporte colectivo.

Por lo anterior, los camiones de carga mercantil (particulares y de servicio público), que representan el 17.8% del parque vehicular en la ZMCM, y que recorren más de 30 mil kilómetros al año, constituyen el primer núcleo de vehículos a convertir al uso

de gas natural comprimido; en segundo término se consideran los vehículos que transportan pasaje; camiones suburbanos, microbuses, que tienen recorridos anuales por unidad, de aproximadamente 85 mil kilómetros y que porcentualmente, dentro de la estructura del parque vehicular representan el 2.45%.

Al capturar estos segmentos del parque vehicular, se impactaría en dos de las fuentes móviles de contaminación del aire que generan aproximadamente un 55% de las emisiones del sector de transporte, ya que el 45% restante corresponde a los automóviles particulares y taxis. A todo esto conviene recordar, que del total de la contaminación atmosférica generada en la ZMCM, el 71% proviene del transporte.

5.3 ESTRATEGIAS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.

De lo expuesto hasta ahora se desprende la complejidad de las actividades que ha sido necesario poner en práctica para lograr avances, a la fecha ya de respetable consideración, en el propósito de mejorar la calidad del ambiente y en particular del aire para la ZMCM, mediante el control de las emisiones contaminantes originadas por fuentes móviles.

La alternativa de promover el uso de gas natural comprimido como combustible en vehículos automotores, ha demostrado su viabilidad en otros países, tanto para fines económicos, como ambientales. En México atendiendo a sus características particulares, se requiere la incorporación de nuevas acciones instrumentales, de diverso alcance, mismas que pueden conceptualizarse en un marco integral que demanda la participación de los sectores público y privado en un contexto de amplio y decidido respaldo de la ciudadanía

Este apartado reviste un carácter fundamentalmente propositivo en el marco de las diversas gestiones que deben abordarse con la finalidad de incorporar el uso del gas natural comprimido en el ámbito de la ZMCM.

Las acciones inherentes al "Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica", han sido motivo de revisión y actualización, de tal forma que algunos de los planteamientos iniciales se ampliaron con la finalidad de introducir la alternativa de uso de gas natural comprimido como carburante en los vehículos destinados a carga mercantil y transporte de pasajeros.

La difusión de un programa de tales características, para llegar a ser significativo y coadyuvar a la solución de los problemas de la contaminación ambiental, demanda de importantes apoyos institucionales, sobre todo en sus etapas iniciales susceptibles de dimensionarse como de corto plazo.

Estrategias de corto plazo

La normatividad indispensable para la aceptación de los equipos de conversión y estaciones de suministro fue publicada en el Diario Oficial de la Federación como proyecto de Norma Oficial Mexicana, con fecha 15 de noviembre de 1993, bajo la denominación NOM-03130-SCTI-1993, "Gas Natural Comprimido para uso Automotor - Estaciones de Servicio e Instalaciones Vehiculares - Requisitos de Seguridad". Esta acción representa un paso básico para el avance del programa en virtud de que establece el marco de referencia requerido a fin de propiciar la participación de los diversos agentes interesados en su utilización, y en donde se marcan todas las medidas de seguridad que se requieren, en el uso de gas natural comprimido en vehículos automotores.

De igual manera, la NOM-CCA1-003/93, niveles máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono provenientes de los escapes de automóviles en circulación que utilizan gasolina, gas licuado de petróleo (gas L.P.), gas natural y otros combustibles alternos, con peso bruto vehicular de 400 a 3,000 kilogramos y la NOM-CCA1-004/93, relativa a emisiones de automotores nuevos en planta que utilizan diversos carburantes, entre ellos el gas natural responden a la posibilidad de aprovechamiento de este combustible.

Complementariamente al entorno que ofrece el marco normativo citado y que se origina en la aplicación de la Ley de Metrología y Normalización, corresponde al Gobierno del Distrito Federal, por conducto de sus Delegaciones Políticas, la regulación del uso del suelo, con la finalidad de establecer los criterios aplicables en la localización de los predios identificados para el establecimiento de talleres de conversión y estaciones de suministro de gas natural comprimido.

El Departamento del Distrito Federal en el primer trimestre de 1993, inició un "Programa piloto para el uso de gas natural comprimido en vehículos automotores", mediante la conversión de 50 patrullas; los resultados podrán evaluarse una vez que se disponga de facilidades para el suministro del gas natural. Este primer esfuerzo en la aplicación de combustibles alternativos exige continuidad, mediante la conversión gradual hasta alcanzar el total de las unidades de servicio a cargo de esta dependencia.

mismo que será factible a paso y medida que se cuente con la infraestructura de abasto, distribución y de equipos de conversiones.

El desarrollo de una red suficiente de suministro de gas natural para vehículos automotores requiere de considerables inversiones, sobre todo en sus primeras etapas, toda vez que recaerá sobre las estaciones iniciales un costo más elevado, consecuencia de la introducción de una tecnología nueva en el país. Esto implica el fortalecimiento de la voluntad política, con la finalidad de auspiciar un flujo suficiente de capitales, sobre todo del sector privado.

Entre las alternativas tecnológicas de suministro con aplicación más viable en el corto plazo, se consideran las estaciones fijas dotadas con equipo de compresión del gas natural, equipadas con sistemas de carga rápida, las cuales necesariamente deberán localizarse en sitios cercanos a las redes de suministro en operación.

Asimismo, se presenta como la opción más económica y por lo tanto debe explotarse la aplicación de sistemas de carga lenta para empresas que disponen actualmente de abastecimiento con gas natural y la cantidad de vehículos que constituyan su parque en operación que justifique la instalación de los equipos, prioritariamente en el inicio del programa. En virtud de las facilidades relativas que ofrecen los sistemas de carga lenta, pueden destacarse como el segmento prioritario de usuarios las flotillas de transporte de mercancías.

Algunas medidas de estímulo para la utilización del GNC, previstas en la reglamentación analizada, pueden influir favorablemente en la decisión de los usuarios, sobre todo flotillas de carga mercantil y microbuses. Entre estas se identifica la exención del programa "Hoy no Circula", que representa la posibilidad de utilizar las unidades durante todos los días de la semana, lo que equivale por lo menos a un rendimiento adicional del 20% en el parque vehicular considerado.

Con la finalidad de incrementar la oferta de sistemas de carburación a gas natural, se deberá continuar con el desarrollo de pruebas de certificación. A la fecha se han otorgado 11 certificación para equipos integrales de carburación a gas natural comprimido y 2 a gas natural licuado (GNL). Estos equipos se listan en el cuadro V-1.

Cuadro V-1
Empresas y Sistemas de Carburación a GNL y GNC Certificados

EMPRESA	EQUIPO DE CARBURACIÓN	DE CONVERTIDOR CATALÍTICO	APLICACION
I.- Gas Natural Comprimido, S.A. de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GFI	Convertidor catalítico tres vías marca CCM	Vehículos con motor GM de 350 a 250 pcd de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV: 400 a 3,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca GFI	Convertidor catalítico tres vías marca CCM	Vehículos con motor GM de 350 a 250 pcd de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV: 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca ANGL-LEVS.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM de 350 a 250 pcd de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV: 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca ANGL-LEVS.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM IBI de 350 a 250 pcd de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV: 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca CAPS.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM IBI de 350 a 250 pcd de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV: 3,000 a 5,000 kg.

EMPRESA	EQUIPO DE CARBURACIÓN	CONVERTIDOR CATALÍTICO	APLICACION
2.- Convertidores catalíticos Mexicanos, S.A. de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GEL	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 3000 a 3,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca GEL	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca ANGI LEVS.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca ANGI LEVS.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM 1411 de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 300 a 3,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca CAPS	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM 1411 de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca MOGAS	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor GM de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca MOGAS	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor 1401D de 350 a 250 psd de 1991 en adelante, aspiración natural, P.V.V. 300 a 3,000 kg.

EMPRESA	EQUIPO DE CARBURACIÓN	DE CONVERTIDOR CATALÍTICO	APLICACION
3. Recipientes Cuamata, S.A de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca IMPCO.	Convertidor catalítico tres vías marca ENGELHARD.	Vehículos con motor CHRYSLER de 360 a 225 ped de 1975 a 1990, PIV. 3,000 a 5,500 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca IMPCO.	Convertidor catalítico tres vías marca ENGELHARD.	Vehículos con motor CHRYSLER de 360 a 225 ped de 1975 a 1990, PIV. 3,000 a 5,500 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca IMPCO.	Convertidor catalítico tres vías marca ENGELHARD.	Vehículos con motor FORD de 351 a 302 ped de 1980 a 1990, PIV. 3,000 a 5,500 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca MOGAS.	Convertidor catalítico tres vías marca CUM.	Vehículos con motor FORD de 351 a 250 ped de 1991 en adelante, PIV. 3,000 a 5,000 kg.
	Sistema de carburación a GNC marca MOGAS.	Convertidor catalítico tres vías marca CUM.	Vehículos con motor GM 350 a 250 ped de 1991 en adelante, aspiración natural, PIV. 3,000 a 5,000 kg.
4. Industrias IIM, S.A de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GEL.	Convertidor catalítico tres vías marca WALKER.	Vehículos con motor FORD de 351 a 302 ped de 1991 en adelante, Fuel Injection.
5. Promotora de Combustibles Naturales, S.A. de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GEL.	Convertidor catalítico tres vías marca WALKER.	Vehículos con motor FORD de 351 a 302 ped de 1991 en adelante, Fuel Injection.

Gas Natural Licuado

EMPRESA	EQUIPO DE CARBURACIÓN	CONVERTIDOR CATALÍTICO	APLICACION
1.- Liquid Carbonic de México, S.A. de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GASTEC.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor FORD de 302 ped de 1991 en adelante, Fuel Injection, P.B.V. 3,000 a 5,500 kg.
1.- Convertidores catalíticos Mexicanos, S.A. de C.V.	Sistema de carburación a GNC marca GASTEC.	Convertidor catalítico tres vías marca CCM.	Vehículos con motor FORD de 302 ped de 1991 en adelante, Fuel Injection, P.B.V. 3,000 a 5,500 kg.

Estrategias de mediano plazo

La evaluación sistemática de los resultados que se obtengan en el corto plazo mediante la aplicación de las medidas propuestas, permitirá apreciar la necesidad de ajustes en los procedimientos.

Sin embargo, un aspecto fundamental en el mediano plazo se orienta a la ampliación de la cobertura de la red de suministro por medio de la localización estratégica las estaciones de servicio. La modalidad susceptible de incorporarse en esta etapa consiste en el sistema de estaciones satélite dotadas de equipos para carga rápida, que deberán ser abastecidas desde estaciones fijas que dispongan de sistema de compresión. Lo anterior implica la necesidad de la operación de unidades móviles especializadas para el transporte de gas natural comprimido. Bajo este criterio, el segundo segmento prioritario de conversión serán los microbuses y autobuses de pasajeros.

En esta fase los criterios de localización de las estaciones de servicio están sujetos a una transformación importante, estimándose para entonces la factibilidad técnica y económica de ubicar el suministro en las áreas de mayor concentración de bases y puntos terminales de las rutas de transporte colectivo de pasajeros.

Cabe enfatizar en este horizonte, la aplicación de rigurosos programas de mantenimiento preventivo especializado de los sistemas de carburación, dada la existencia de un número importante de unidades previamente convertidas, que contarán con un significativo periodo en operación.

Otro aspecto destacado lo constituye la previsible necesidad de sustituir, por término de su vida útil, vehículos de carga mercantil de transporte de pasajeros que utilicen gasolina como combustible, resultando importante establecer una estrecha coordinación con las plantas armadoras a fin de que se disponga de una oferta suficiente de unidades equipadas para consumir GNC, desde su fabricación.

Estrategias de largo plazo

En el horizonte de largo plazo es factible prever la consolidación plena del sistema de abasto para el gas natural comprimido y por lo tanto la generalización de su uso.

Bajo esta condición, los talleres de conversión adquieren una importancia secundaria, sin embargo deben ser conceptualizados como piezas claves en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos en operación.

Lo anterior significa que la incorporación de nuevas unidades al parque vehicular, por ampliación del mismo o sustitución de las que llegaron al término de su vida útil, deberá efectuarse totalmente con vehículos equipados en planta.

5.4 BENEFICIOS DEL USO DE GAS NATURAL PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES

Las autoridades locales establecieron diversos programas, enfocados tanto a fuentes de emisiones fijas como móviles con la intención de reducir los elevados índices de contaminación. Las medidas que atañen a fuentes móviles se concentraron en fomentar el empleo de combustibles tradicionales reformulados, desalentar el empleo de vehículos, implementar controles de emisiones más estrictos y modernizar el transporte público vehicular. Estas medidas se verían complementadas si se sumaran a ellas los beneficios del empleo de un combustible no tradicional y limpio como el gas natural.

De acuerdo a la caracterización del parque vehicular realizada, se establecieron premisas en cuanto al segmento de mercado factible de ser convertido.

En el siguiente cuadro se muestra la estructura del parque vehicular con los kilómetros diarios recorridos por tipo de vehículo y los kilómetros totales esperados que cada sector acumula por año de operación.

Cuadro V-2
Parque Vehicular de la Ciudad de México

Vehículos	Unidades	Km/Año.Vehic.	Km Tot./Año (millones)
Particulares	1,647,258	9,500	15,649
Taxis	125,5096	73,500	9,255
Colectivos	44,256	33,000	1,460
Autobuses urbanos	9,413	90,000	847
Autobuses escolares o part.	3,138	10,400	33
Transp. Carga local	47,065	24,000	1,130
Carga Mercantil	363,966	24,000	8,735
Vehículos gubernamentales	25,101	10,400	261
Vehículos federales	3,138	10,400	33
Otros	43,926	10,400	457

Fuente: Modernización del programa de verificación vehicular en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, 1995.

Vehículos Particulares:

La factibilidad de implementación de un programa de combustibles alternos en el segmento que ocupa a los vehículos particulares depende entre otros factores del establecimiento de una estructura adecuada de suministro del combustible. Esto significa contar con una red de estaciones de abasto de GNC lo más amplia posible con oportuna cobertura geográfica tal que asegure al potencial usuario la disponibilidad del combustible.

Un programa de esta naturaleza sólo alcanzaría la estructura de abasto que este segmento requiere con varios años de operación por lo que, no reúnen características para considerarlos mercado objetivo prioritario en un mediano plazo.

Esto se justifica con la información presentada donde se registra que los vehículos particulares que circulan en la Ciudad de México, acumulan en promedio 10,000 kilómetros recorridos al año convirtiéndose en la categoría con menor recorrido anual por vehículo. Por lo tanto es estratégicamente más recomendable enfocar esfuerzos hacia sectores que acusan mayores recorridos y consecuentemente mayores consumos de gasolina con la consiguiente responsabilidad en emisiones contaminantes.

Taxis:

Cerca del 80% de los taxis existentes en la ZMCM son del tipo Volkswagen Sedán con motor enfriado por aire. Las condiciones mecánicas de estos motores y más aún las limitaciones de espacio que presentan para la instalación de cilindros de almacenamiento de gas natural comprimido reducen la factibilidad técnica y económica de incluirlos en el programa.

Considerar recipientes de almacenamiento de GNC pequeños, sería una opción pero reduciría la autonomía de recorrido de las unidades convertidas e incrementaría sus necesidades de recarga lo que obliga a pensar nuevamente en la necesidad de una amplia red de estaciones de suministro. Si bien estos vehículos acumulan un recorrido promedio anual casi 8 veces mayor que un vehículo particular, quedarán fuera del segmento objetivo como una medida conservadora de análisis.

Camiones de Carga:

El mercado mexicano clasifica los camiones de carga en 4 categorías de acuerdo con su Peso Bruto Vehicular (PBV).

Camiones Comerciales	Hasta 3,000 Kgs de PBV.
Camiones Ligeros	De 3,001 Kgs hasta 5,000 Kgs de PBV
Camiones Medianos	De 5,001 Kgs hasta 9,000 Kgs de PBV
Camiones Pesados	De 9,001 Kgs hasta 13,000 Kgs de PBV

Camiones Comerciales:

En esta categoría se encuentran vehículos destinados al reparto de mercancías y pequeñas vagonetas utilizadas como autobuses para el transporte de pasajeros denominadas genéricamente "Combis".

Parte del segmento correspondiente a vehículos de reparto fue captado con relativo éxito por el empleo de gas licuado de petróleo (gas L.P.), constituyendo un mercado atractivo debido al elevado recorrido que estas unidades reportan.

Las combis son en su mayoría unidades Volkswagen equipadas con motores enfriados por aire y debido a las características mecánicas de las mismas no resulta oportuno pensar en su conversión al empleo del gas natural. Por lo tanto para atender este segmento de mercado deberá pensarse en un programa de sustitución más que de conversión de unidades.

Camiones ligeros:

Esta categoría de vehículos está compuesta en su mayoría por microbuses empleados para el transporte de pasajeros. Estas unidades cuentan con carrocerías que tienen una capacidad de entre 30 a 40 pasajeros y están integradas por chasis ligeros carrozados especialmente para esta aplicación.

Encontramos unidades relativamente nuevas en buenas condiciones mecánicas lo que hace técnicamente factible su conversión al empleo de gas natural comprimido.

Este segmento del parque vehicular presenta un crecimiento sostenido que junto al uso intensivo que lo caracteriza hace de él un mercado objetivo prioritario para el programa.

Camiones Medianos:

En esta categoría se encuentran principalmente unidades de reparto de productos y mercancías, que, al igual que los camiones comerciales de reparto, integran flotillas utilitarias de carga mercantil pertenecientes a empresas del sector privado.

Presentan recorridos semi-intensivos diarios por rutas fijas de reparto y la inversión que su conversión al gas natural comprimido significa, puede ser atendida por las empresas propietarias, a la luz de los beneficios económicos que su empleo representa.

Camiones Pesados con motores a diesel:

El efecto más importante que la conversión de este sector provocaría desde el punto de vista de reducción de contaminantes se concentra en la disminución del nivel de partículas suspendidas totales.

5.5 DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN EN LOS NIVELES DE EMISIONES CONTAMINANTES

Para poder estimar los beneficios ambientales, asociados a la implementación de un programa que actúe sobre alguna de las variables que intervienen en la compleja ecuación que modela el comportamiento de los niveles de contaminantes y en general de la calidad del aire en una zona urbana como es el caso de la Ciudad de México, debe plantearse un escenario de referencia que sirva como punto de partida del análisis y proyectar su evolución bajo las nuevas condiciones de generación de emisiones que el programa introduciría como también bajo un mero de evolución que no considere alteración alguna.

Las emisiones totales generadas por una flota vehicular dada, se pueden calcular en base al recorrido anual acumulado que registra, empleando factores de emisiones contaminantes, determinados específicamente para las condiciones operativas existentes y la conformación particular de la flota.

Los factores de emisiones contaminantes se determinan para cada tipo de contaminante y brindan información respecto de la cantidad de contaminante que el vehículo en estudio genera durante su operación. Se expresan en gramos de contaminante por cada kilómetro que recorre la unidad y su determinación se realiza mediante el empleo de modelos matemáticos.

Así el producto de los kilómetros de recorrido anual promedio de una unidad, por lo factores de emisiones correspondientes, expresados en gramo de contaminante por kilómetro recorrido, nos dará el total de emisiones esperadas para cada tipo de vehículo y para cada elemento contaminante para un período de un año.

Con esto se entiende que los factores mencionados, brindan información respecto de la cantidad de contaminante que espera se origine por cada kilómetro de recorrido del vehículo. Para determinarlos se recurre a modelos que simulan la operación de un vehículo y permiten pronosticar y cuantificar los distintos contaminantes que el mismo emitirá.

Estos programas suelen ser muy específicos en cuanto a las características del vehículo sujeto al análisis, las condiciones de operación, las características del vehículo

sujeto al análisis, las condiciones de operación, las características geomorfológicas de la región donde operará y las características del combustible empleado, entre otros factores.

Una vez fijado el mercado objetivo potencial y el programa de introducción de combustible, se pueden estimar las reducciones en emisiones que pueden esperarse con la implementación del uso del gas natural comprimido.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En el estudio practicado sobre la situación presente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en torno a la problemática de la contaminación del aire, relacionándola con todas aquellas fuerzas y variables de carácter social, económico, político y cultural, así como de naturaleza tecnológica, que concurren, así como la aplicación del gas natural comprimido para el uso en vehículos automotores de carga y pasaje en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que puede contribuir notoriamente al mejoramiento de la calidad de vida para los habitantes de esta región del país, se derivan las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- La Zona Metropolitana de la Ciudad de México es a la fecha uno de los asentamientos urbanos de más alta concentración demográfica a nivel mundial, que propician un empleo intensivo de combustibles, lo que aunado a las condiciones fisiográficas del Valle de México se conjugan para que se demerite la calidad del aire durante la mayor parte del año, con los consecuentes daños que esto origina en la salud de sus pobladores.
- Dada la alta concentración de los factores de producción así como de servicios en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que resulta muy difícil modificarla en el corto y mediano plazo, sin la voluntad política de las autoridades federales, el crecimiento demográfico natural, así como el incremento en el flujo migratorio del campo hacia esta región del país que se continuará presentando; situación que implica una demanda derivada de bienes y servicios que los sectores productivos y no productivos, público y privado, tendrán que satisfacer, retroalimentando de esta manera el círculo causa-efecto-cause, conduciendo a que el problema experimente una espiral creciente.
- Los asentamientos irregulares, la velocidad de crecimiento de la mancha urbana y los limitados recursos económicos para ofrecer una mayor cobertura de infraestructura física y de servicios continuarán presionando a que el uso de los sistemas actuales de

transporte y cualidades sean aún más intensivos con los que se magnifica cada vez más el deterioro del medio ambiente de esta región del país.

- La falta de una concientización y sensibilización hacia el problema y sus consecuencias, de parte de los pobladores y dependencias oficiales, así como transporte masivo de automotores de la gran urbe, hace que los esfuerzos emprendidos para corregir y controlar el problema de la contaminación del ambiente, sea una batalla de larga duración que solo una mayor acción y continua persistencia de parte de las autoridades locales, federales y de la comunidad en general, podrían contrarrestar para beneficio de las futuras generaciones.

- El hecho de que anualmente se generan en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México un total de 4.4 millones de toneladas de contaminantes atmosféricos, y en el cual el transporte contribuye con un 71% aproximadamente obliga a considerar que este sector debe ser uno de los fundamentales a atender, en el sentido de encontrar soluciones viables desde todos los frentes, y en este renglón el cambio en el uso de los combustibles tradicionales por otros que tengan menor contenido de contaminantes es una necesidad impostergable.

- Las autoridades Federales y Locales, ante las demandas de la sociedad para enfrentar el problema de la contaminación, han instrumentado una serie de medidas entre las que destacan: los programas de verificación vehicular bianual; modernización ambiental de las industrias; sustitución de combustibles (combustóleo, diesel, gasolina), por hidrocarburos más limpios (gas L.P., gas natural); la evaluación permanente de la calidad de aire a través de la red automática de monitoreo atmosférico; y la reforestación, entre muchos otros.

- En virtud de la alta capacidad energética y menor contenido de elementos contaminantes, el gas natural ha probado ser un excelente sustituto de otros hidrocarburos líquidos usados intensivamente en actividades industriales en algunas ciudades y países (Los Angeles, Buenos Aires, Italia, Nueva Zelanda, Canadá), con problemas similares de

contaminación del aire, aplicándose también exitosamente en vehículos automotores, con resultados positivos en el abatimiento de los índices de contaminación.

• Dentro de las acciones correctivas que de manera inmediata se han tomado por parte de las autoridades federales y locales a raíz del período crítico que se vivió en el Valle de México, en el invierno de 1990-1991, está el de diseñar e instrumentar un programa integral para el control de la contaminación del ambiente, dentro del cual se han involucrado y comprometido responsablemente de los siguiente organismos e instituciones: La Comisión Metropolitana para la Prevención y el Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México; Departamento del Distrito Federal; Gobierno del Estado de México; SEDESOL; SCT; SS; SHCP; SECOFI; SEMIP; PEMEX; IMP; Cámaras Industriales; Asociaciones y Camaras de Auto Transporte de Carga; Asociaciones de Distribución del Gas L.P. y Natural; y Organismos Financieros.

Dentro de la cobertura de dicho programa están entre otras el Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos Automotores, Programa para la Conversión de los Vehículos de Transporte Público Concesionado al uso de Gas L.P. y Gas Natural, que involucran los procedimientos de certificación de equipos de conversión, así como de convertidores catalíticos.

• En el caso de la SEMIP, PEMEX, y el IMP, así como de la SHCP, se han coordinado para que en el renglón de abasto de combustibles (gasolinas y diesel), se produzcan e importen aquellos que no contengan plomo y elevados índices de azufre, con lo cual se están ofertando a los automovilistas y transportistas combustibles menos contaminantes; así mismo, PEMEX se ha comprometido a incrementar los volúmenes de producción y comercialización tanto de gas L.P. como de gas natural para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

• México cuenta con una plataforma de producción y consumo de gas natural donde una elevada proporción se destina al consumo interno de PEMEX, si bien

se observa recientemente una tendencia a su reducción, originando una mayor oferta disponible para fines industriales, generación de energía eléctrica y exportación.

La ZMCM cuenta con una infraestructura de 70 Km de gasoductos, constituida de diferentes diámetros, que se concentran en su mayor proporción en la zona Norte y Noroeste del Valle, que puede contribuir a la distribución y abasto del gas natural en el caso de que se incremente su consumo.

- **La experiencia positiva conocida en el empleo de gas natural como carburante en vehículos automotores de carga y pasaje en otros países del mundo, permiten contemplar la posibilidad de que en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se pueda adoptar este combustible con las expectativas del beneficio de un menor costo de operación y menor contaminación del aire.**

- **En la expectativa de que en México se adopte generalizadamente el uso del gas natural para vehículos automotores, se analizaron las experiencias que en este campo han tenido otros países, destacando las de Estados Unidos, Canadá, Argentina, Nueva Zelanda e Italia, en donde la introducción y desarrollo de programas de conversión de sus vehículos a gas natural estuvieron acompañados de importantes cambios y adecuaciones legislativas y normativas.**

Las motivaciones para impulsar el uso de gas natural en vehículos automotores han sido económicas o ecológicas. En México las condiciones se orientan al segundo caso, que encuentran mayor similitud con los programas de los Estados Unidos y Canadá.

- **Una de las soluciones que coadyuvaran a disminuir los niveles de contaminación del aire en la ZMCM, es la sustitución de gasolinas por gas natural en los vehículos automotores, específicamente del parque vehicular con mayor actividad dentro del Valle como es el autotransporte de carga mercantil.**

- **La existencia de tecnologías actuales o de vanguardia tanto en el campo de la conversión de los sistemas de carburación de los automotores como en los sistemas de**

distribución y reabastecimiento del combustible, coadyuvan con el propósito de cambio al uso de combustibles alternos limpios como el gas natural comprimido o licuado.

- En el país se cuenta con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección del Ambiente, que conforma el instrumento jurídico que regula las acciones en materia de prevención y control de la contaminación ambiental que al conjuntarse con las disposiciones de la Ley de Metrología y Normalización conforman las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

- La Ciudad de México y los Municipios conurbados del Estado de México a la fecha cuentan con una red básica de gasoductos que, en su mayor proporción, se localizan en la Zona Norte y Noroeste, donde existen empresas industriales usuarias de dicho energético y dada la capacidad de transporte y distribución de esta red, resulta factible para la construcción de infraestructura complementaria y estaciones de servicio que apoyen el suministro de usuarios potenciales de gas natural comprimido.

- En el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, se contempla la problemática de la preservación del medio ambiente, la herramienta más destacada para su instrumentación es el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA), que prevé 41 acciones específicas y ha permitido fortalecer y conferir una mayor coordinación a las acciones que diversas dependencias y entidades con la colaboración de la sociedad han venido ejecutando desde 1988.

- El primer segmento del parque vehicular susceptible de ser convertido son los camiones de carga mercantil privadas que corresponden fundamentalmente a empresas industriales y de servicios localizados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México , aunque es importante observar que debido al costo de inversión que se necesita efectuar en infraestructura para la distribución y abasto del gas natural comprimido, es conveniente que el nicho inicial de ese parque vehicular sean las empresas que a la fecha

cuentan con flotilla vehicular y suministro de gas natural en sus instalaciones fabriles y que además dispongan de espacios en donde encierran sus flotillas.

El segundo grupo potencial de vehículos a convertir son los que corresponden a camiones de carga vehicular; en ambos casos se ha considerado excluir los vehículos accionados con motor diesel.

El tercer nicho de parque vehicular susceptible a convertir es el correspondiente a los microbuses.

- **El uso de gas natural aplicado a vehículos automotores en la ZMCM disminuyen notoriamente la cantidad de contaminantes emitidos en el aire. Esto permite visualizar interesantes posibilidades para la comunidad para la mejora de los niveles de calidad del aire.**

APENDICE

APÉNDICE

CONTENIDO

- INDICE DE GRAFICAS, CUADROS Y FIGURAS
- CONVERSION DE PARTES POR MILLON O MICROGRAMOS POR METRO CUBICO A PUNTOS IMECA
- CONVERSION DE PUNTOS IMECA A PARTES POR MILLON O MICROGRAMOS POR METRO CUBICO
- RELACIÓN DE PARAMETROS REGISTRADOS EN CADA ESTACION DE MONITOREO. RED AUTOMATICA.
- NORMAS OFICIALES MEXICANAS PUBLICADAS
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCAT-003-ECOL/1993
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCA I-004-ECOL/1993

INDICE DE CUADROS, GRAFICAS Y FIGURAS

			PAGINA
CUADRO	I-1	CONTAMINANTES Y COMBUSTIBLE CONSUMIDO POR VEHICULOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	11
CUADRO	I-2	CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE MEXICO.	12
CUADRO	I-3	EMISIONES DE CONTAMINANTES ESTIMADAS PARA LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	18
CUADRO	I-4	CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE.	28
CUADRO	I-5	INDICE METROPOLITANO DE CALIDAD DE AIRE	29
CUADRO	II-1	PRODUCCION REGIONAL DEL GAS NATURAL.	33
CUADRO	II-2	UTILIZACION DEL GAS NATURAL.	37
CUADRO	II-3	PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DEL GAS NATURAL.	39
CUADRO	II-4	RESERVAS PROBADAS DE GAS NATURAL Y LONGITUD DE GASODUCTOS EN EL PAIS	44
CUADRO	II-5	USO DEL GAS NATURAL POR SECTORES ECONOMICOS	49
CUADRO	III-1	RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MEXICO.	54
CUADRO	III-2	RED DE GASODUCTOS 1953-1993.	56
CUADRO	III-3	DISTRIBUCION DE LA RED DE GASODUCTOS POR DIAMETRO Y LONGITUD DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.	57
CUADRO	IV-1	COMPOSICION DEL GAS NATURAL DE ACUERDO A SU PROCEDENCIA	67
CUADRO	IV-2	PROPIEDADES DEL GAS NATURAL LICUADO.	70
CUADRO	IV-3	EQUIVALENCIAS DEL GAS NATURAL LICUADO RESPECTO A OTROS COMBUSTIBLES LIQUIDOS.	71
CUADRO	IV-4	CAMBIOS EN LA COMPOSICION DEL GAS NATURAL ANTE LA LICUEFACCION.	75

CUADRO	V-1	EMPRESAS Y SISTEMAS DE CARBURACION A GAS NATURAL LICUADO Y GAS NATURAL COMPRIMIDO CERTIFICADOS	91
CUADRO	V-2	PARQUE VEHICULAR DE LA CIUDAD DE MEXICO	98
GRAFICA	II-1	PRODUCCIÓN REGIONAL DE GAS NATURAL	34
GRAFICA	II-2	PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE GAS NATURAL	40
GRAFICA	II-3	USO DEL GAS NATURAL POR SECTORES ECONOMICOS	50
FIGURA	I-1	FLUJO DE VIENTO EN EL VALLE DE MEXICO	14
FIGURA	I-2	ALTITUD DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	16
FIGURA	I-3	RED AUTOMATICA DE MONITOREO ATMOSFERICO	27
FIGURA	II-1	PRODUCCIÓN REGIONAL DEL GAS NATURAL	32
FIGURA	II-2	RED NACIONAL DE GASODUCTOS	47
FIGURA	III-1	RED DE GASODUCTOS EN EL VALLE DE MEXICO	55
FIGURA	III-2	DIAGRAMA DE LA RED DE GASODUCTOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO	58

**CONVERSION DE PARTES POR MILLION
O MICROGRAMOS POR METRO CUBICO A PUNTOS IMECA**

CONTAMINANTE	CUANDO LA CONCENTRACION SE ENCUENTRE EN EL INTERVALO	APLIQUE LA ECUACION
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	DE 0 A 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA PST = 0.384615 * CONCENTRACION DE PST
	DE 260 A 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA PST = 0.54040 * CONCENTRACION DE PST - 40.540541
PARTICULAS FRACCION RESPIRABLE (PM-10)	DE 0 A 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA = CONCENTRACION DE PM10
	DE 51 A 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA PM10 = (1.2) * CONCENTRACION DE PM10 - 300
	DE 351 A 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA PM10 = (10.7) * CONCENTRACION DE PM10 - 300
	DE 421 A 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IMECA PM10 = (10.8) * CONCENTRACION DE PM10 - 225
BIOXIDO DE AZUFRE (SO2)	DE 0 A 0.13 PPM	IMECA SO2 = 769.23079 * CONCENTRACION DE SO2
	DE 0.13 A 1.0 PPM	IMECA SO2 = 459.77011 * CONCENTRACION DE SO2 + 40.22989
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	DE 0 A 11 PPM	IMECA CO = 9.090909 * CONCENTRACION DE CO
	DE 11 A 5.0 PPM	IMECA CO = 10.256410 * CONCENTRACION DE CO - 12.820512
BIOXIDO DE NITROGENO (NO2)	DE 0 A 0.21 PPM	IMECA NO2 = 476.19047 * CONCENTRACION DE NO2
	DE 0.21 A 2.0 PPM	IMECA NO2 = 223.46368 * CONCENTRACION DE NO2 + 53.07264
OZONO (O3)	DE 0 A 0.11 PPM	IMECA O3 = 909.090909 * CONCENTRACION DE O3
	DE 0.11 A 0.6 PPM	IMECA O3 = 816.32653 * CONCENTRACION DE O3 - 10.20409

**CONVERSIÓN DE PUNTOS IMECA A PARTES POR MILLÓN
O MICROGRAMOS POR METRO CUBICO**

CONTAMINANTE	CUANDO LA CONCENTRACION SE ENCUENTRE EN EL INTERVALO	APLIQUE LA ECUACION
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	DE 0 A 100 IMECA	CONCENTRACION DE PST = IMECA PST / 0.384645
	DE 100 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE PST = (IMECA PST + 40.540541) / 0.540540
PARTICULAS FRACCION RESPIRABLE (PM10)	DE 0 A 50 IMECA	CONCENTRACION DE PM10 = IMECA PM10
	DE 51 A 350 IMECA	CONCENTRACION DE PM10 = (IMECA PM10 - 25) * (1/2)
	DE 351 A 420 IMECA	CONCENTRACION DE PM10 = (IMECA PM10 - 300) * (7/10)
	DE 421 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE PM10 = (IMECA PM10 + 225) * (8/10)
	DE 501 A 600 IMECA	CONCENTRACION DE PM10 = IMECA PM10 - 100
BIOXIDO DE AZUFRE (SO2)	DE 0 A 100 IMECA	CONCENTRACION DE SO2 = IMECA SO2 / 769.230769
	DE 100 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE SO2 = (IMECA SO2 + 40.22989) / 459.770114
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	DE 0 A 100 IMECA	CONCENTRACION DE CO = IMECA CO / 9.090909
	DE 100 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE CO = (IMECA CO + 12.820541) / 10.256410
BIOXIDO DE NITROGENO (NO2)	DE 0 A 100 IMECA	CONCENTRACION DE NO2 = IMECA NO2 / 476.190476
	DE 100 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE NO2 = (IMECA NO2 + 53.07264) / 223.463687
OZONO (O3)	DE 0 A 100 IMECA	CONCENTRACION DE O3 = IMECA O3 / 909.090909
	DE 100 A 500 IMECA	CONCENTRACION DE O3 = (IMECA O3 - 10.20409) / 16.32653

**RELACION DE PARAMETROS REGISTRADOS
EN CADA ESTACION DE MONITOREO
RED AUTOMATICA**

ZONA	ESTACION	CLAVE	PARAMETRO									
			VAL	O3	CO	SO2	H2S	ME1	NO2	NOX	PM10	
NOROESTE	VALLEJO	VAL										
	TACUBA	TAC	O3	CO	SO2							
	ENEP-ACATLAN	EAC	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX			
	AZCAPOTZALCO	AZC	O3	CO	SO2			NO2	NOX			
	TLALNEPANTLA	TNA		CO	SO2			NO2	NOX		PM10	
	IMP	IMP		CO								
	CUILAHUAC	CUI		CO								
	TULTEPEC	TUL		CO	SO2			NO2	NOX		PM10	
	ATIZAPAN	ATI		CO	SO2			NO2	NOX			
NORESTE	LAURELES	LLA			SO2							
	LA PRESA	LPR			SO2							
	LA VILLA	LVI			SO2							PM10
	SAN AGUSTIN	SAG	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX			
	XALOSTOC	XAL	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX			PM10
	ARAGON	ARA		CO	SO2							
	NEZAHUALCOYOTL	NFI		CO	SO2							PM10
	COACALCO	VII		CO	SO2			NO2	NOX		PM10	
	CHAPINGO	CHA	O3	CO								
CENTRO	TLAGUILA	TAG	O3	CO	SO2			NO2	NOX			
	MERCED	MER	O3	CO	SO2	H2S	ME1	NO2	NOX		PM10	
	HANGARES	HAN	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX			
	BENITO JUAREZ	BJU	O3	CO	SO2			NO2	NOX			
	INSURGENTES	MIN		CO								
SUROESTE	SANTA URSULA	SUR			SO2							
	PEDREGAL	PLD	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX		PM10	
	PLATEROS	PLA	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX			
	CUAJIMALPA	CUA	O3									
SURESTE	CERRO DE LA ESTRELLA	CPS	O3	CO	SO2		ME1	NO2	NOX		PM10	
	UAMIZAPALAPA	UIZ	O3	CO	SO2			NO2	NOX			
	TAXQUEPA	TAX	O3	CO	SO2			NO2	NOX			
	TLAHUAC	TAH	O3	CO	SO2			NO2	NOX		PM10	

SIMBOLOGIA

O3	OZONO	ppm
CO	MONOXIDO DE CARBONO	ppm
SO2	BIOXIDO DE AZUFRE	ppm
H2S	ACIDO SULFHDRIKO	ppm
ME1	PARAMETROS METEOROLOGICOS	
	VELOCIDAD DEL VIENTO	m/s
	DIRECCION DEL VIENTO	GRADOS
	TEMPERATURA	CENTIGRADOS
	HUMEDAD RELATIVA	HR %
NO2	BIOXIDO DE NITROGENO	ppm
NOX	OXIDOS DE NITROGENO	ppm
PM10	PARTICULAS MENORES A 10 MICROMETROS	ug/m3

UNIDAD DE REPORTE

NORMAS OFICIALES MEXICANAS PUBLICADAS

CLAVE	DENOMINACION
NOM-CCAT-003/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-FUENTES MOVILES VEHICULOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE HIDROCARBUROS Y DE MONOXIDO DE CARBONO PROVENIENTES DEL ESCAPE DE LOS AUTOMOVILES EN CIRCULACION QUE UTILIZAN GASOLINA, GAS LICUADO DE PETROLEO (GAS L.P.), GAS NATURAL Y OTROS COMBUSTIBLES ALTERNOS (CON PESO BRUTO VEHICULAR DE 400 A 3,000 KILOGRAMOS)</p>
NOM-CCAT-004/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-FUENTES MOVILES VEHICULOS AUTOMOTORES NUEVOS EN PLANTA NMP DE EMISION DE HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC), MONOXIDO DE CARBONO Y OXIDOS DE NITROGENO (NOx) PROVENIENTES DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN PLANTA, QUE USAN GASOLINA, GAS LICUADO DE PETROLEO (GAS L.P.), GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC), CON PESO BRUTO VEHICULAR DE 400 A 3,857 KILOGRAMOS.</p>
NOM-CCAT-010/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-MOTORES NUEVOS EN PLANTA NMP DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTES DEL ESCAPE DE MOTORES NUEVOS EN PLANTA QUE UTILIZAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE, UTILIZADOS PARA LA PROPULSION DE VEHICULOS AUTOMOTORES.</p>
NOM-CCAT-011/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTES DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE UTILIZAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.</p>
NOM-CCAT-013/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-FUENTES MOVILES VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y EL PROCEDIMIENTO DE MEDICION, PARA LA VERIFICACION DE LOS NIVELES DE EMISION DE CONTAMINANTES, PROVENIENTES DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE.</p>
NOM-CCAT-014/93	<p>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-FUENTES MOVILES VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION NMP DE EMISION DE HIDROCARBUROS (HC), MONOXIDO DE CARBONO (CO), PROVENIENTES DEL ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE, CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR A 3,000 KILOGRAMOS.</p>

NOM-CCAT-017/93

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA-VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION

NMP DE EMISION DE HIDROCARBUROS Y MONÓXIDO DE CARBONO, PROVENIENTES DEL ESCAPE DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN GAS LICUADO DE PETRÓLEO COMO COMBUSTIBLE, CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR A 3,000 KILOGRAMOS.

NOM-001-ECOL-CCAC/92

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES FIJAS.
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE GASOLINA NOVA PLUS

NOM-004-ECOL-CCAC/90

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES FIJAS.
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE DIESEL AUTOMOTRIZ.

NOM-008-ECOL-CCAC/92

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES FIJAS.
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE GAS NATURAL.

NOM-009-ECOL-CCAC/92

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES FIJAS.
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE GASOLINA MAGNA SIN

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES MOVILES.
ESTABLECE LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE HIDROCARBUROS (HC), MONÓXIDO DE CARBONO, ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOx) Y PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST) PROVENIENTES DEL ESCAPE DE MOTORES NUEVOS QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE Y QUE SE UTILIZARAN PARA LA PROPULSION DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES, CON PESO BRUTO VEHICULAR MAYOR DE 3,857 KILOGRAMOS.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES MOVILES.
ESTABLECE EL MÉTODO DE PRUEBA PARA EVALUAR LA OPACIDAD DEL HUMO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. FUENTES MOVILES.
ESTABLECE EL MÉTODO DE PRUEBA PARA EVALUAR LOS GASES DE MOTORES DE VEHÍCULOS PESADOS.

NOM-002-ECOLOG-CFOE/92

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.
CRITERIO DE DISTANCIAMIENTO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GASOLINA RESPECTO A LOS PROYECTOS DE DESARROLLO URBANO.

NOM-014-ECOLOG-CFOE/92

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.
CRITERIO DE DISTANCIAMIENTO PARA EL ALMACENAMIENTO DE METANOL RESPECTO A LOS PROYECTOS DE DESARROLLO URBANO.

FUENTE: COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN PARA LA PROTECCION AMBIENTAL, SEDESOL, PROGRAMA DE TRABAJO 1993.

Para los fines de protección de la calidad del aire en la ZMCM, destacan por su importancia en el ámbito de la circulación vehicular, las normas relacionadas con los límites de emisión en los escapes de los vehículos automotores identificadas como : NOM-CCAT-003-ECOL/1993, NOM-CCAT-004-ECOL/1993, NOM-CCAT-014-ECOL/1993, NOM-CCAT-017-ECOL/1993, NOM-CCAC-009-ECOL/1992.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCAT-003-ECOL/1993

Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible

Niveles máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno por el escape de los automóviles y vehículos comerciales en circulación que usan gasolina como combustible, en función del año-modelo.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % Vol	Oxígeno (O ₂) % Vol
1979 y anteriores	700	6.0	6.0
1980 - 1986	500	4.0	6.0
1987 - 1993	400	3.0	6.0
1994 y posteriores	200	2.0	6.0

Niveles máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos y oxígeno por el escape de los automóviles y vehículos comerciales en circulación con cero kilómetros que usan gasolina como combustible, en función del año-modelo.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % Vol	Oxígeno (O ₂) % Vol
1994 y posteriores	100	0.25	6.0

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCAT-004-ECOL/1993

Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina, gas licuado de petróleo (gas L.P.), gas natural y otros combustibles alternos, con peso bruto vehicular de 400 a 3,857 kilogramos.

Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por el escape de los automóviles que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos hasta de 400 kg de peso bruto vehicular.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos (HC) g/km*	Monóxido de Carbono (CO) g/km*	Oxidos de Nitrógeno (NOx) g/km*
1994	0.25	2.11	0.62
1995 en adelante	0.25	2.11	0.62

* Gramos de contaminante por kilómetro recorrido

Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por el escape de los automóviles que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos hasta de 3,857 kg de peso bruto vehicular.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos (HC) g/km*	Monóxido de Carbono (CO) g/km*	Oxidos de Nitrógeno (NOx) g/km*
1994	0.63	8.75	1.44
1995 en adelante	0.63	8.75	1.44

* Gramos de contaminante por kilómetro recorrido

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. SEDUE, Subsecretaría de ecología
Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), 1995
2. Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México. Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
Informe mensual de la calidad del aire, Dic 1995.
3. Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA)-UNAM
Curso del efecto de los Contaminantes atmosféricos sobre la salud, 13-17 Nov. 1995.
4. Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.
Programa Integral para el Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México (PICCA), 1990
5. Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.
Programa de Contingencias Atmosféricas, 1990
6. INEGI
Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1990
7. Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.
Modernización del Programa de verificación Vehicular en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1994
8. Memorias de labores de PEMEX, 1980-1995.
9. INEGI
Anuario Estadístico del Distrito Federal y del Estado de México, 1990
10. Diario Oficial de la Federación, 22 octubre, 1993.
11. Diario Oficial de la Federación, 29 octubre, 1991.
12. Diario Oficial de la Federación, 15 noviembre, 1993.
13. Información recabada en la Comisión de Transporte y Vialidad del D.D.F.
14. Información recabada en la Comisión Nacional de Ecología.

15. Información recabada en la Comisión Metropolitana Para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.
16. Información recabada en el INEGI
17. Información recabada en el Instituto Nacional de Ecología (INE).
18. Información recabada en la Secretaría del Medio Ambiente del D.D.F. Proyectos Ambientales
19. Información recabada en la Secretaría del Medio Ambiente del D.D.F. Subdirección de gas
20. Información recabada en PEMEX, Gas y Petroquímica Básica. Subgerencia.
21. Información recabada en PEMEX, Gas y Petroquímica Básica. Gerencia de Comercialización de gas natural y azufre.
22. Información recabada en PEMEX, Subdirección de Producción. Gerencia de Sistemas de Ductos.
23. Liquid Carbonic de México S.A. de C.V., 1991
"Gas natural licuado para flotillas de vehículos un panorama de la industria."
24. Donald L. Katz
Handbook of natural gas engineering
Mc. Graw-Hill
25. Virgil B. Guthrie
Petroleum products Handbook
Mc. Graw-Hill
26. Harrison's
Principles of Internal Medicine, Vol. 2 , 1991
Mc. Graw-Hill