



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA
ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD
DE MEXICO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

HERNANDEZ TIRADO RAUL



MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

INDICE

CAPITULO I.- INTRODUCCION	1
CAPITULO II.- LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE	4
II.1.- LEYES	15
II.1.1.- LEYES ESTATALES	19
II.1.2.- LEYES Y REGLAMENTOS COMPLEMENTARIOS	20
II.2.- REGLAMENTOS DE LA LEY GENERAL DEL EQUILI- BRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE .	22
II.2.1.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILI- BRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL	23
II.2.2.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILI- BRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS	29
II.2.3.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILI- BRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA	33
II.2.4.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILI- BRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTA- MINACION GENERADA POR LOS VEHICULOS AUTO- MOTORES QUE CIRCULAN EN EL DISTRITO FEDE- RAL Y LOS MUNICIPIOS DE SU ZONA CONURBADA	37
II.3.- NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS	39
CAPITULO III.- ESTADO QUE GUARDA LA CONTAMINACION ATMOS- FERICA	47

CAPITULO IV.- PROCESOS URBANOS Y EMISION DE CONTAMINANTES	61
IV.1.- INDUSTRIA	61
IV.2.- ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS	63
IV.3.- GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	64
IV.4.- PRODUCCION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES	64
IV.5.- TRANSPORTE	65
IV.6.- EL USO DEL SUELO	67
IV.7.- INVENTARIO DE EMISIONES POR ACTIVIDAD Y SEC- TOR	68
 CAPITULO V.- MEDICION DE LA CALIDAD DEL AIRE	 71
V.1.- TECNICAS DE EVALUACION DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES MAS SIGNIFICATIVOS	82
V.1.1.- LA DETERMINACION DEL MONOXIDO DE CARBONO. ANALISIS CON IR.	87
V.1.2.- LA MEDICION DEL BIOXIDO DE AZUFRE. ANALISIS POR FLUORESCENCIA	91
V.1.3.- LA MEDICION DE LOS OXIDOS DE NITROGENO Y DEL OZONO. LA QUIMIOLUMINISCENCIA	94
V.1.4.- LA DETERMINACION DE LOS HIDROCARBUROS. LA IONIZACION A LA FLAMA	98
V.1.5.- LA MEDICION DEL PARTICULADO	102
V.2.- EQUIPO DE EVALUACION DE LOS CONTAMINANTES	104
V.2.1.- CONTROL DE PARTICULAS	104
V.2.2.- CONTROL DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATI- LES	110

V.2.3.- CONTROL DE OXIDOS DE NITROGENO	113
CAPITULO VI.- ACCIONES INTEGRALES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACION ATMOSFERICA	118
CAPITULO VII.- CONCLUSIONES	161
BIBLIOGRAFIA ..	165

CAPITULO I

INTRODUCCION

I.- INTRODUCCION.

El desarrollo en los diferentes países del mundo, a partir de la Revolución Industrial, ha deteriorado nuestro entorno y agotado nuestros recursos, bajo supuestos criterios económicos y sociales, que han dejado a un lado los factores ambientales que dan sustento al crecimiento de los recursos naturales.

Este desarrollo ha producido un profundo desequilibrio en el ambiente y ocasionado un deterioro muy importante en los recursos naturales; como el caso de las ciudades de Londres y Los Angeles, que son ejemplos que se han manifestado como una advertencia internacional sobre lo que puede ocasionar una pésima administración de nuestros recursos naturales.

Siendo México un país en vías de desarrollo, mantuvo hasta hace pocos años, un alto índice de crecimiento industrial y uno de los más altos en el aspecto de población; de la tecnología y normatividad que se requieren para controlar el problema de la infección en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, tienen como antecedente la Reunión de Estocolmo donde se abordó la regulación de los contaminantes en el medio ambiente. Dado el crecimiento tan acelerado y variable de este problema, es necesario

encontrar nuevas tecnologías y expedir normas para disminuirla. Esto se debe principalmente a razones geográficas, el Valle de México se encuentra dentro de una cuenca cerrada, las montañas que la limitan por la parte sur impiden el paso de los llamados vientos dominantes, que en cualquier otro gran conglomerado urbano se llevan cotidianamente los gases que contaminan. En la Zona Metropolitana, la atmósfera sólo se limpia cuando hay corrientes importantes de aire, debidas por lo general a condiciones meteorológicas pasajeras y esporádicas.

Lo anterior, implica múltiples estudios exhaustivos y continuos del problema latente que existe en el Valle de México ya que no solo se encuentra la Contaminación Atmosférica sino también los problemas que hay de Contaminación del Suelo y Agua; por lo que se estructuro este trabajo en siete capítulos viendo solamente lo que se refiere a Contaminación Atmosférica.

En el Capítulo II se presentan las Leyes, Reglamentos y Normas en cuanto a materia de Legislación y Control Ambiental vigentes para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En el siguiente Capítulo, se analizan las condiciones meteorológicas y topográficas que se dan en el Valle de México.

El Capítulo IV se refiere a los Procesos Urbanos y la Emisión de Contaminantes que generan la contaminación ambiental, presentando estadísticas en lo que se refiere a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En el Capítulo V se trata la Medición de la Calidad del Aire, se comentan los diferentes contaminantes que se encuentran en la atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, así como de los dispositivos para el control y análisis de los mismos.

En el Capítulo VI se presentan y comentan las acciones en diversos Sectores de la Economía, para controlar la contaminación atmosférica de la Zona Metropolitana.

Por último, en el Capítulo VII se presentan una serie de Conclusiones y Comentarios.

CAPITULO II

LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE

II.- LEGISLACION AMBIENTAL VIGENTE.

El hombre está cambiando el ambiente del mundo, ha estado haciéndolo casi desde la época de su aparición como nueva especie, hace cerca de un millón de años, pero hoy somos tan numerosos y tan expertos en tecnología, que existe un verdadero peligro de que se acabe con la capacidad de la tierra para mantener la vida.

El hombre primitivo subsistió gracias a que recogía alimentos silvestres y mediante la caza y la pesca. En algún momento, descubrió que podía valerse del fuego para espantar a los animales salvajes, y fue este el principio de la polución del aire y la erosión del suelo por obra del hombre.

Sin embargo, el hombre primitivo tuvo una suerte increíble. En muchos lugares, los bosques que quemó fueron reemplazados por tierras cubiertas de pastos, capaces de mantener crecientes poblaciones de mamíferos, herbívoros y estos pastizales enriquecieron las tierras hasta tal punto que habrían de considerarse como las más valiosas del mundo para la agricultura. Aunque las pruebas en parte se han perdido, probablemente el primer uso que el hombre dio a los pastizales fue la alimentación de los animales domésticos y probablemente tal pastoreo ayudó a impedir la

regeneración de los bosques.

En los últimos 300 años, el hombre ha logrado acelerar sus procesos destructivos al obtener energía de los combustibles fósiles: carbón, turba, gas natural y petróleo, investigaciones recientes han revelado que los modernos granjeros gastan más energías en sus máquinas de las que obtienen de la tierra.

Como la erosión de las tierras y la deforestación, la contaminación hecha por el hombre tiene una larga historia. El hombre del neolítico comenzó a contaminar el medio con sus fuegos, aunque los principales agentes de contaminación -humo, hollín y cenizas- también existían sin el hombre. Pero conforme avanzaba la civilización aparecían nuevos agentes de contaminación. Los romanos extraían plomo de Inglaterra y lo fundían allí, y se dice que aún puede reconocerse el sitio de aquellas antiguas fundiciones, por la miserable vegetación que crece en esa tierra envenenada.

Conforme crecieron las ciudades, empezaron a concentrar en un espacio pequeño los materiales producidos sobre una extensa área, y conforme estos materiales hacían surgir desechos, brotaban problemas de contaminación.

El hombre añadió una dimensión nueva a la contaminación del ambiente cuando comenzó a consumir combustibles fósiles para obtener energía. En el año 1306, un ciudadano de Londres fue procesado y ejecutado por quemar carbón en la ciudad, pero tres siglos después, la combustión de carbón era un modo de vida y Londres tenía un problema de smog. Esta nueva fuente de energía hizo posible que simultáneamente habitaran la tierra mucho más personas que antes, y la resultante colonización y explotación de nuevas tierras agravó más la deteriorización del ambiente.

En el siglo XX, el petróleo adquirió un papel cada vez más importante como fuente de energía. La máquina de combustión interna y una enorme y diversa industria química habían lanzado al ambiente incontables materiales nuevos a los que nunca había tenido que adaptarse.

Desde luego, el problema de la contaminación no se limita a los subproductos de nuestras actividades comerciales. El asunto de los desperdicios también es de importancia, hemos seguido disponiendo de nuestros desperdicios como en la antigüedad en gran parte liberándolos a la atmósfera y a la hidrosfera.

A causa de estos desperdicios biológicos y otros contaminadores, a los que estamos expuestos nosotros y nuestro medio, a los efectos de más de medio millón de sustancias artificiales, y que este número está creciendo con nuevos productos químicos cada año. En los 45 años anteriores, hemos obligado al medio ambiente a enfrentarse a especies de materiales sin precedente, tales como insecticidas sintéticos, plásticos, antibióticos, radioisótopos y detergentes.

En la atmósfera se han identificado más de tres mil productos químicos extraños. El aire de nuestras ciudades es rico en sustancias sólidas tales como hollín, cenizas, partículas de caucho de los neumáticos y asbestos. Las chimeneas arrojan monóxido de carbono, dióxido de azufre y varios óxidos de nitrógeno. Con la quema de combustibles fósiles el dióxido de carbono que es completamente transparente a la radiación solar, pero absolutamente opaco a las radiaciones caloríficas de onda larga de la tierra al espacio, actúa como trampa para el calor que posee el potencial de alterar el clima de la tierra.

Antes de la Revolución Industrial los cambios en los sistemas naturales provocados por los hombres, cuyas actividades eran básicamente agrícolas, fueron mínimos, sus efectos eran locales y en pocos casos que la actividad

humana llego a provocar severas repercusiones ambientales, casi siempre la naturaleza puso en juego su capacidad de recuperar sus condiciones originales. Con el desarrollo de la agricultura y de la ganadería el hombre logro un incremento considerable en la producción de los alimentos necesarios para su supervivencia lo que permitió excedentes que propiciaron el crecimiento demográfico.

A partir de los años 40, en México, como en otros países del mundo, la preocupación estaba centrada en la generación del empleo y mayores niveles de vida de la población, ello favoreció el crecimiento industrial, la ampliación de la frontera agrícola, la ganadería extensiva y la explotación forestal y minera, todo esto provocó un gran crecimiento en zonas urbanas sin planificación en las periferias de las zonas industrializadas, recrudeciendo la contaminación emitida por las industrias.

México a pesar de ser un país en vías de desarrollo, mantuvo hasta hace pocos años, un alto índice de crecimiento industrial y uno de los más altos en el aspecto de población. Ambas circunstancias obligaron a intensificar el aprovechamiento de sus recursos naturales, con la extracción de energéticos, el incremento de la actividad minera, la explotación de bosques y de otras reservas. Indudablemente estas actividades han contribuido a

mejorar los niveles de bienestar de la población, pero también han influido notablemente en la generación de residuos.

Por la gran diversidad de giros industriales establecidos en una misma zona hace que los residuos generados presenten una amplia gama, que va desde los altamente peligrosos hasta los que no representan riesgos para la salud del ser humano o para el medio ambiente en general.

En las últimas décadas, se ha incrementado la explotación minera, que genera un volumen considerable de residuos a nivel nacional, algunos con características peligrosas por el alto contenido de metales pesados, como son el arsénico, selenio, plomo, cadmio, entre otros.

La industria química, posiblemente sea la que aporta una mayor cantidad de residuos peligrosos, debido a la gran diversidad de procesos que utiliza para la transformación de las materias primas en productos, con todas las características de peligrosidad que van desde los altamente tóxicos hasta a una gran variedad de los inflamables, explosivos y corrosivos.

Adicionalmente, la tecnificación de la agricultura ha provocado un notable aumento en la aplicación de plaguicidas, herbicidas, defoliantes y otros

productos químicos peligrosos utilizados en el campo, con la consiguiente generación de envases vacíos, lotes de productos caducos, productos fuera de especificaciones etc., que requieren también de un manejo adecuado.

Como consecuencia de estas preocupaciones se organizaron una serie de reuniones tanto a nivel nacional como internacional para tomar medidas al respecto y tratar de establecer una legislación de control. Bajo ese marco surgió la necesidad de fomentar una reunión internacional que protegiera al medio ambiente. En el año de 1971 se preparó en la Ciudad de México una reunión que tendría lugar al año siguiente en Estocolmo, Suecia. En ese mismo año, el Congreso de la Unión aprobó una Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental que entró en vigor meses después. Como una consecuencia de esta Ley, se creó un órgano administrativo que la vigilaría en su cumplimiento.

Sin embargo, esta Ley adolecía de defectos y la administración institucional surgió en el seno del Sector Salud, limitando grandemente su campo de acción y sobre todo enfocando parcialmente al universo de trabajo. A principios de 1982 se plantea como parte del Programa Nacional, dentro de la campaña presidencial una estrategia sobre criterios ecológicos y medio ambiente. Con un panorama claro, sobre el campo de acción dentro de las

estrategias nacionales, el Presidente de la República crea, como una de las primeras acciones de su mandato una Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología -la secretaria del hombre y su medio ambiente- y al año siguiente, el 30 de mayo de 1983, establece el Plan Nacional de Desarrollo.

En el capítulo 7 de este documento se lee: "por primera vez en la planeación nacional se incorporan explícitamente en la estrategia de desarrollo los criterios ecológicos y de medio ambiente, además de los económicos, políticos y sociales, para dar respuesta a las necesidades básicas de la población, asegurándole una calidad de vida adecuada y un aprovechamiento sostenido de los recursos naturales en el mediano y largo plazos".

La incorporación de una estrategia ecológica y medio ambiente en el desarrollo del país no surgió como un capricho político o una acción de un grupo determinado sino como consecuencia de la consulta popular. Se identificaron por primera vez los problemas relacionados con la contaminación ambiental como una necesidad no sólo de la conservación de la salud pública como se había manejado sino como resultado de un proceso de desarrollo y su abatimiento y control como un requisito previo a dicho desarrollo.

La estrategia que se señala para un programa de ecología tiene dos fases, una correctiva que implica, el control y disminución de la contaminación ambiental y la restauración ecológica de zonas deterioradas, que conlleva, además de su limpieza, su incorporación a la producción. Y una preventiva relacionada con el aprovechamiento integral y racional de los recursos naturales y con la conservación y enriquecimiento de dichos recursos.

Estas líneas están inmersas en un cambio en las formas de concebir el medio ambiente, sus potencialidades y vocación. Debe, por tanto:

- Generar políticas diferenciales y específicas de manejo de los recursos naturales, en función de las diferentes regiones ecológicas, que fortalezcan el proceso de responsabilización de los estados y municipios mediante la promoción de actividades productivas que combinen rentabilidad económica, logros sociales y minimicen el impacto ecológico negativo.
- Promover y fortalecer la responsabilidad ciudadana en el manejo y conservación de los recursos naturales mediante proyectos que involucren la participación local en el proceso de ordenamiento y restauración ecológica.
- Estimular proyectos específicos de ordenamiento y restauración ecológica con una perspectiva intersectorial, con la participación de la iniciativa privada, el sector público y las poblaciones locales.

El propio Plan Nacional de Desarrollo señala como una estrategia importante que, toda obra que se realice en territorio nacional debe incluir una evaluación de impacto ambiental, debiéndose hacer por el propio inversionista, bajo las normas dictadas por el sector Ecológico. Se señala también de una manera relevante la necesidad de estimular el uso de tecnologías menos contaminantes y la adecuación de las existentes a la realidad nacional. Esto implica el fortalecimiento del desarrollo de la pequeña y mediana industria que se dedique a la fabricación de partes y componentes de equipo anticontaminante.

Derivado del Plan Nacional de Desarrollo, el Sector Ecológico ha presentado el Programa Nacional de Ecología fundado en cuatro líneas de estrategia:

- Ordenamiento ecológico del territorio.
- Prevención y control de la contaminación.
- Conservación, preservación y restauración ecológica regional.
- Aprovechamientos y enriquecimiento de los recursos naturales para su manejo integral.

De estas cuatro líneas emanan once proyectos estratégicos de los cuales es importante mencionar:

- Impacto ambiental.

- Restauración ecológica.
- Unidades integrales de manejo de recursos naturales.
- Los tres proyectos de prevención y control de la contaminación: aire, agua y suelo.

El Programa Nacional de Ecología establece las acciones concretas en cada una de estas líneas de acción y permite lograr mediante éstas, los objetivos y metas que fueron señalados en el Plan Nacional de Desarrollo. Existe una marcada interrelación entre la dependencia de tecnología extranjera y la explotación de los recursos naturales. La economía nacional giró alrededor de la capacidad de exportación del crudo que pudiera hacerse; al racionalizar el consumo del petróleo en los otros países bajó la demanda y cayó el precio del recurso, produciéndose una crisis económica. Por esta razón es de primordial importancia el esfuerzo que se le pueda prestar a la búsqueda de nuevas tecnologías que hagan más adecuado el uso de nuestros recursos a la realidad nacional y buscar, desde este punto de vista, la instrumentación de la exploración, explotación y aprovechamiento de los energéticos.

II.1.- LEYES.

Cualquier acción tendiente a la prevención y control de la contaminación ambiental, a la preservación del medio y a la restauración ecológica debe estar sostenida por un fundamento legal. Este fundamento legal debe emanar de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos como salvaguardia de los derechos y obligaciones ciudadanas que se poseen en una nación. Como resultado de lo dispuesto en el Artículo 27 Constitucional, surge la Ley Federal de Protección al Ambiente. En ella se fundamenta la obligación de la protección del medio como una necesidad para conservar nuestros recursos y mejorar la calidad de vida. Se otorga a la Secretaría de Desarrollo Social (antes SEDUE) la facultad de la aplicación y vigilancia de la misma y se establecen las disposiciones que permiten esta observancia.

La Ley considera como objetivo primordial "establecer las normas para la conservación, protección, preservación, mejoramiento y restauración del medio ambiente, de los recursos que lo integran, y para la prevención y control sobre los contaminantes y las causas reales que los originan".

Se establece en su Artículo 7 que: "toda obra pública o privada que pueda producir contaminación o deterioro ambiental deberá ser objeto de una

manifestación de impacto ambiental, donde se suministre la información necesaria relativa a las medidas técnicas preventivas y correctivas para minimizar los daños ambientales durante su ejecución o funcionamiento”.

El Artículo 8 confiere al Sector Ecología la facultad de propiciar programas de estudios, investigaciones y otras actividades técnicas y científicas para desarrollar nuevos sistemas, métodos, equipos y dispositivos que permitan proteger al ambiente, con lo que se instrumenta legalmente la estrategia fundamental ya recalcada sobre la necesidad de un cambio en el uso de los energéticos.

Los Artículos 14, 15 y 16 facultan a la Secretaría de Desarrollo Social para:

- Dictar y aplicar de inmediato disposiciones y medidas correctivas, cuando exista peligro de contaminación o para los ecosistemas, la flora o fauna.
- Promover las restricciones necesarias en importación, exportación, producción, transformación o procesamiento, transporte, tenencia, uso y disposición final de sustancias contaminantes y peligrosas para el medio ambiente.
- Limitar o suspender la instalación o funcionamiento de industrias, comercios, servicios, o cualquier otra actividad que pueda causar o

incrementar la degradación ambiental y dañar los procesos ecológicos.

Como puede observarse, la Ley considera de primordial importancia la preservación del medio ambiente y de los ecosistemas y visto fríamente, esta protección parece ser más importante que las actividades en sí. Debe aclararse que es de interés la protección al ambiente; pero también el fomento al desarrollo de nuevas actividades económicas, que generen empleos y fomenten el desarrollo del país. Debe subrayarse la frase de que no queremos industrias, ni comercios cerrados, sino limpios que convivan armónicamente con su medio. La Ley enfatiza y debe aplicarse con fuerza el hecho de que las actividades no deben contaminar ni degradar al ambiente. Esto significa que debido al propio desarrollo del país, se fomentó un crecimiento acelerado, sin importar las tecnologías ni el daño que pudieran producir al medio. En la actualidad se requiere y es aquí donde la Ley tiene énfasis, una revaloración de estas tecnologías, para que en caso de no ser adecuadas, sustituir las y en el caso que no se hayan instrumentado, aplicarlas.

La exploración, explotación y aprovechamiento de los energéticos ya no puede hacerse como antes, desde ahora debe procurarse que estas actividades no deterioren el ambiente y a los ecosistemas y las que en un pasado causaron daño, sustituir las y los daños restaurarlos.

La Ley define claramente en sus Artículos 17, 21, 29, 34 y 39 la prohibición explícita a:

- Expeler o descargar contaminantes a la atmósfera.
- Descargar sin previo tratamiento aguas residuales contaminantes en los cuerpos de agua.
- Descargar sin previo tratamiento contaminantes en las aguas marinas.
- Descargar, depositar o infiltrar contaminantes en los suelos.
- Emitir energía térmica, ruido y vibraciones que puedan contaminar el ambiente.

Esta es la estrategia fundamental para la protección del ambiente. Es claro que se tienen que expeler gases, partículas sólidas al aire, líquidos y sólidos al agua o suelo y emisiones energéticas al medio en general; pero estas emisiones nunca deberán poner en peligro a las personas, a la flora o la fauna, ni romper el equilibrio de los ecosistemas. Esto es lo que se considera contaminación. Asimismo esto permite el manejo de la tecnología, para tratar las impurezas o para evitar los desperdicios.

El medio ambiente es muy generoso, tiene una larga capacidad de recuperación natural, permite que se realicen actividades que por sí solas

pudieran parecer peligrosas, modificando sus condiciones y transformándolas nuevamente a formas benignas.

II.1.1.- LEYES ESTATALES.

La descentralización de la vida nacional constituye dentro del sistema jurídico mexicano un proceso de relevancia histórica fundamental, buscando con las reformas constitucionales, formuladas en los últimos años, el regular y propiciar la solución de los grandes problemas nacionales en una base de coordinación en todas las esferas de gobierno.

Uno de tales problemas es sin duda el ambiental, en lo relativo a la facultad de las entidades federativas y Municipios para emitir sus instrumentos jurídicos en esta materia, esto fué un gran paso de descentralizar al otorgar a las autoridades locales las condiciones para resolver sus propios problemas.

Los procesos legislativos de las entidades federativas en materia ecológica se reafirman con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que constituye un aporte significativo dentro del marco normativo en dos aspectos primordiales: la concurrencia de los tres niveles

de gobierno (Federal, Estatal y Municipal); y la posibilidad de abordar la problemática ecológica a partir de una concepción integral que atienda tanto a las causas como a los efectos del deterioro ambiental.

Con este motivo, a la fecha han sido promulgados por las entidades federativas 29 Leyes Estatales en materia del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, faltando únicamente por expedir sus Leyes Locales los Estados de Tlaxcala y Campeche.

II.1.2.- LEYES Y REGLAMENTOS COMPLEMENTARIOS.

La actualización del marco jurídico ambiental en México requiere, por la naturaleza misma del sistema jurídico nacional, de la observancia de otras leyes establecidas con anterioridad a la expedición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que de manera complementaria regulan tanto las causas como los efectos de la contaminación ambiental.

Estas Leyes Complementarias son, entre otras, las siguientes:

- Ley Federal de Aguas.
- Ley Federal de Pesca.

- Ley de la Conservación del Suelo y Agua.
- Ley Forestal.
- Ley Federal de Caza.
- Ley de Obras Públicas.
- Ley Federal de Vivienda.
- Ley General de Asentamientos Humanos.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Ley de Sanidad Fitopecuaria.
- Ley de Planeación.
- Ley Federal de Derechos y
- Ley Federal del Mar.

Desde el punto de vista reglamentario, también son aplicables en el campo de protección ambiental los siguientes Reglamentos:

- Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido.
- Reglamento para prevención y control de la contaminación de aguas.
- Reglamento de la Ley forestal.
- Reglamento de parques nacionales e internacionales.
- Reglamento de la zona federal marítimo terrestre y de los terrenos ganados al mar; y

- Reglamento para prevenir y controlar la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias.

II.2.- REGLAMENTOS DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

Con motivo de la expedición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en vigor a partir del 1° de marzo de 1988, el titular del Ejecutivo Federal ha promulgado a la fecha cuatro ordenamientos que reglamentan a la citada Ley en las materias de:

- Impacto Ambiental.
- Residuos Peligrosos.
- Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
- Prevención y Control de la Contaminación generada por vehículos automotores que circulan por el Distrito Federal y los Municipios de su zona conurbada.

II.2.1.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

Este Reglamento se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 1988, y se encuentra estructurado en siete capítulos.

El Capítulo I relativo a las "Disposiciones Generales", establece su observancia en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, además señala que su aplicación le corresponde al Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Desarrollo Social (1992), la cual tiene, entre otros asuntos de su competencia, los siguientes:

- Autorizar la realización de las obras o actividades públicas o privadas previstas en el propio Reglamento.
- Emitir dictámenes generales de impacto ambiental en materia forestal, por regiones, ecosistemas territoriales definidos o para especies vegetales determinadas, de conformidad a lo establecido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley Forestal.
- Promover y, en su caso, solicitar a las Secretarías de Agricultura y Recursos Hídricos y de Pesca, así como, a las demás Dependencias y Autoridades competentes, la realización de estudios de impacto ambiental previos al otorgamiento de las autorizaciones que las mismas expidan,

para la realización de actividades de su competencia que puedan causar desequilibrios ecológicos.

- Vigilar el cumplimiento de las disposiciones de este Reglamento y la observancia de las resoluciones y dictámenes previstos en el mismo, en la esfera de su competencia e imponer las sanciones y demás medidas de control y de seguridad necesarias, con arreglo a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

En el Capítulo II, "Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental", establece que los interesados, en forma previa a la realización de la obra o actividad de que se trate, deberán presentar a la Secretaría de Desarrollo Social, para su evaluación y resolución correspondiente, una manifestación de impacto ambiental, en cualquiera de sus modalidades: general, intermedia o específica, de acuerdo con los instructivos que al efecto formule la propia Secretaría.

En el caso de obras o actividades consideradas como altamente riesgosas, además de la manifestación de impacto ambiental, deberá presentarse a la citada Secretaría un estudio de riesgo en los términos previstos por los ordenamientos que rijan dichas actividades. Cuando quien pretenda realizar una obra o actividad considere que el impacto ambiental de dicha obra

o actividad no causara desequilibrio ecológico, ni rebasará los límites y condiciones señaladas en los ordenamientos aplicables, presentará a la Secretaría de Desarrollo Social únicamente un informe preventivo, conforme a los instructivos que para el efecto expida la propia Secretaría, a fin de que se resuelva lo procedente.

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental de la obra o actividad de que se trate, presentada en la modalidad que corresponda, la Secretaría de Desarrollo Social formulará y comunicará a los interesados la resolución correspondiente, en la que podrá: autorizar la realización de la obra o actividad en los términos y condiciones señalados en la manifestación correspondiente; autorizar la realización de la obra o actividad proyectada, de manera condicionada a la modificación o relocalización del proyecto; o negar dicha autorización.

En el Capítulo III "Impacto Ambiental de los Aprovechamientos Forestales", se establecen las disposiciones mediante las cuales se regula el aprovechamiento racional de los recursos forestales, para el logro de ello, se prevé que la Secretaría de Desarrollo Social emitirá dictámenes de impacto ambiental sobre aprovechamientos forestales, cambio de uso de terrenos forestales o extracción de materiales de dichos terrenos conforme a regiones, ecosiste-

mas territoriales definidos o por especies vegetales determinadas; asimismo, establecerá restricciones de protección ecológica para el aprovechamiento de los recursos forestales; evaluar los avisos de acción preliminar, que los interesados le presenten para obtener por parte de la Dependencia competente los permisos o las autorizaciones para aprovechamientos forestales.

El Capítulo IV "Impacto Ambiental en Áreas Naturales Protegidas de Interés de la Federación", establece que, las personas físicas o morales que con fines económicos o aprovechamiento de recursos naturales, o de repoblamiento, traslocación, recuperación, trasplante o siembra de especies de flora o fauna, silvestres o acuáticas, en áreas naturales protegidas de interés de la Federación, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social, deberán de contar con previa autorización de la misma, para lo cual deberán presentarle una manifestación de impacto ambiental, que se formulará de acuerdo a los instructivos que al efecto expida la mencionada Secretaría.

El Capítulo V, contempla uno de los conceptos innovadores de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como lo es la consulta, por cualquier persona, de los expedientes en materia de Impacto Ambiental.

El Capítulo VI, "Registro de los Prestadores de Servicios consistentes en la Realización de Estudios de Impacto Ambiental", señala que la Secretaría de Desarrollo Social establecerá un Registro Nacional al que deberán inscribirse los prestadores de servicios que realicen estudios en materia de impacto ambiental; establece que los requisitos para el registro y control de dichos prestadores de servicios, pudiendo la propia Secretaría, en su caso, practicar investigaciones para determinar la capacidad y aptitud de dichos prestadores de servicios; asimismo, prevé la cancelación del registro de los prestadores de servicios cuando estos incurran en cualesquiera de las siguientes causas:

- I. Por haber proporcionado información falsa o notoriamente incorrecta para su inscripción en el Registro Nacional de Prestadores de Servicios en materia de Impacto Ambiental;
- II. Por incluir información falsa o incorrecta en los estudios o manifestaciones de Impacto Ambiental que realicen;
- III. Por presentar de tal manera la información de las manifestaciones o estudios de Impacto Ambiental que realicen, que se induzca a la autoridad competente a error o a incorrecta apreciación en la evaluación correspondiente, y
- IV. Por haber perdido la capacidad técnica que dio origen a su inscripción."

Por último, el Capítulo VII, Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, denominado "Medidas de Control y de Seguridad y Sanciones", regula las infracciones de carácter administrativo a los preceptos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de este Reglamento, se establecen las siguientes sanciones:

- 1.- Multa por el equivalente de veinte a veinte mil días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal en el momento de imponer la sanción.
- 2.- Clausura temporal o definitiva, parcial o total.
- 3.- Suspensión o revocación de la autorización en materia de impacto ambiental, otorgada para la realización de una obra o actividad.
- 4.- Arresto administrativo hasta por 36 horas.

Asimismo, se establece que la Secretaría de Desarrollo Social podrá realizar los actos de inspección y vigilancia necesarios para verificar la observancia del Reglamento, así como de las restricciones de protección ecológica o las medidas derivadas de los dictámenes generales de impacto ambiental que hubiere emitido.

II.2.2.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Este Reglamento se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de noviembre de 1988 y está estructurado por cinco capítulos.

El Capítulo I de este Reglamento señala que tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere a residuos peligrosos. Además de definir sus conceptos fundamentales, dispone que le corresponde a la Secretaría de Desarrollo Social, entre otras cosas, las siguientes atribuciones:

- Determinar y publicar en el Diario Oficial de la Federación los listados de residuos peligrosos;
- Expedir las Normas Técnicas Ecológicas y Procedimientos para el manejo de dichos residuos, con la participación de las Dependencias correspondientes;
- Controlar el manejo de los residuos peligrosos que se generan en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, y de servicios;
- Autorizar la construcción y operación de las instalaciones para el tratamiento, confinamiento o eliminación de los residuos;

- Autorizar la instalación y operación de sistemas para el almacenamiento, recolección, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los mismos;
- Evaluar el impacto ambiental de los proyectos sobre instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos y resolver sobre su autorización;
- Autorizar la importación y exportación de residuos peligrosos, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes;
- Expedir los instructivos, formatos y manuales necesarios para el cumplimiento de este Reglamento.

El Capítulo II establece los requisitos que deberán cumplir quienes pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas por las que pueden generarse o manejarse residuos peligrosos.

El Capítulo III establece las disposiciones para el manejo de residuos peligrosos, entendiéndose por manejo el conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de dichos residuos.

El Capítulo IV esta dedicado específicamente al establecimiento de los requisitos para obtener la autorización de la Secretaría de Desarrollo Social en los casos en que se requiera de la importación y exportación de residuos peligrosos.

Cabe señalar, entre otras cosas de las disposiciones que contempla este capítulo, la que se refiere a la facultad de la citada Secretaría para fijar previamente al otorgamiento de la autorización correspondiente, el monto y vigencia de las fianzas tanto nacionales como en el extranjero, que el solicitante deberá otorgar para garantizar el cumplimiento de los términos y condiciones de la propia autorización y de las Leyes y Reglamentos y demás disposiciones aplicables, así como para la reparación de los daños que pudieran causarse aún en el extranjero, a fin de que los afectados reciban la reparación que les corresponda.

Por otra parte, también se señala que la que introduzca en el territorio nacional residuos peligrosos sin autorización de la Secretaría de Desarrollo Social, sin perjuicio de las sanciones que procedan, estará obligado a retornarlos al país de origen.

Por último, el Capítulo V establece las infracciones de carácter administrativo que se harán acreedores quienes transgredan los preceptos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de este Reglamento, las cuales serán castigadas por la Secretaría de Desarrollo Social, con una o más de las siguientes sanciones: multa, clausura temporal o definitiva, parcial o total y arresto administrativo. También establece que compete a la Secretaría de Desarrollo Social la realización de los actos de inspección y vigilancia necesarios para la observancia de este Reglamento.

Con la entrada en vigor de este Reglamento se derogó el decreto relativo a la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos que por su naturaleza pudieren causar daños al medio ambiente o la propiedad o constituyen un riesgo a la salud o bienestar público, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de enero de 1987.

II.2.3.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA.

Este ordenamiento, publicado en el Diario Oficial de la federación el 25 de noviembre de 1988, abrogo al Reglamento para Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de humos y polvos que fuera expedido en 1971. Este Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera se encuentra estructurado en cinco capítulos.

El Capítulo I denominado "Disposiciones Generales", prevé el sistema de concurrencia entre la Federación, las entidades federativas y los Municipios; define sus conceptos fundamentales y precisa la competencia de la Secretaría de Desarrollo Social y de otras Dependencias del Ejecutivo Federal en la materia objeto de este Reglamento.

El Capítulo II destinado a la "Contaminación de la Atmósfera generada por Fuentes Fijas", establece que la emisión de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión, por

contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las Normas Técnicas Ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría de Desarrollo Social en coordinación con la Secretaría de Salud.

Asimismo, define las obligaciones de los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, que pudieran causar contaminación a la atmósfera, destacando entre ellas las de contar con equipo de control de emisiones y con licencia de funcionamiento otorgada por la Secretaría de Desarrollo Social, así como la de remitir a la propia Secretaría en febrero de cada año la cédula de operación.

El Capítulo III está dedicado a la "Emisión de Contaminantes a la Atmósfera generada por Fuentes Móviles", determinando que las emisiones de olores, gases, partículas sólidas o líquidas a la atmósfera no deberán exceder los límites máximos permisibles que se establezcan en las Normas Técnicas Ecológicas que expida la Secretaría de Desarrollo Social en coordinación con las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y la de Energía, Minas e Industria Paraestatal, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.

De igual forma establece las obligaciones para los fabricantes de vehículos automotores, los cuales también deberán someterse a lo establecido en las Normas Técnicas Ecológicas correspondientes. Por otra parte, define las medidas que deberán tomar los concesionarios de servicios de transporte público federal, para que las emisiones de sus vehículos no rebasen los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera que establezcan las normas técnicas ecológicas en la materia; para tal efecto los propietarios de dichos vehículos deberán someterlos a verificación en el periodo y en el centro de verificación que corresponda.

Por último, establece los requisitos para instalar centros de verificación para vehículos destinados al transporte público federal así como los datos que deberá contener la constancia sobre los resultados de la verificación de los vehículos mencionados; y las obligaciones que deberán cumplir los centros de verificación vehicular autorizados.

El Capítulo IV, "Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire", señala que la Secretaría de Desarrollo Social establecerá y mantendrá actualizado este sistema, mismo que se integrara con los datos que resulten de:

- 1.- El monitoreo atmosférico que lleven a cabo las autoridades competentes en el Distrito Federal, así como en los Estados y Municipios; y

2.- Los inventarios de las fuentes de contaminación de jurisdicción federal y local, así como sus emisiones.

Asimismo, dispone que compete a la Secretaría de Desarrollo Social establecer y aprobar el sistema de monitoreo de la calidad del aire en el Distrito Federal y su zona conurbada, así como mantener un registro permanente de las concentraciones de contaminantes a la atmósfera que las autoridades del Departamento del Distrito Federal le reporten.

Por otra parte, se prevé que la mencionada Secretaría prestará el apoyo técnico que requieran los Estados y Municipios para establecer y operar sus sistemas de monitoreo de la calidad del aire y mediante acuerdo de coordinación con estos, promoverá la incorporación de sus sistemas de monitoreo, así como sus inventarios de zonas y fuentes de jurisdicción local al sistema nacional de información de calidad del aire.

El Capítulo V que comprende las "Medidas de Control y de Seguridad y Sanciones", establece como sanciones a las infracciones de los preceptos de este Reglamento las siguientes: multa, clausura temporal o definitiva, parcial o total y el arresto administrativo. También contempla como sanción, la revocación de la autorización para establecer y operar centros

de verificación obligatoria de los vehículos de transporte público federal terrestre, en los casos en que proceda, conforme a las disposiciones de este Reglamento.

Por último, señala la competencia tanto de la Secretaría de Desarrollo Social como de las entidades federativas y de los Municipios en sus respectivas circunscripciones territoriales, para realizar actos de inspección y vigilancia.

II.2.4.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION GENERADA POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES QUE CIRCULAN EN EL DISTRITO FEDERAL Y LOS MUNICIPIOS DE SU ZONA CONURBADA.

Este Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988, se integra con cuatro capítulos.

En el Capítulo I, "Disposiciones Generales", se establece su carácter reglamentario de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo referente a la regulación del sistema de verificación obligatoria de emisiones de gases, humos, ruido, partículas contaminantes de los vehículos que circulen por el Distrito Federal y su zona conurbada. En

términos generales, en este capítulo se determina su objeto y se definen sus conceptos fundamentales.

El Capítulo II, "La Verificación Obligatoria", se divide en cuatro secciones:

- La Sección I determina los requisitos a los que deberán sujetarse los interesados en obtener autorización para establecer, equipar y operar centros de verificación vehicular obligatoria con reconocimiento oficial.
- La Sección II de los vehículos de transporte privado y de los destinados al servicio público local, establece la obligación de verificar los vehículos destinados al transporte privado o al servicio particular de carga o pasajeros, y los destinados al servicio público local, en el periodo y centro de verificación vehicular que les corresponda, conforme al programa formulado por la Secretaría de Desarrollo Social, el Departamento del Distrito Federal, las autoridades del Gobierno del Estado de México y con la participación de los Municipios correspondientes.
- La Sección III, establece la obligación de verificar los vehículos destinados al transporte público federal; y
- La Sección IV se refiere al procedimiento para llevar a cabo la inspección a centros de verificación vehicular.

El Capítulo III prevé las limitaciones que deberán observar los conductores para prevenir y controlar la contaminación a la atmósfera que se derive de las emisiones de los vehículos automotores.

El Capítulo IV y último determina las sanciones tanto para los conductores como a los propietarios o responsables de los centros de verificación, que violen las disposiciones establecidas en este Reglamento.

II.3.- NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS.

Las normas técnicas se establecen con el propósito de garantizar el control de las fuentes, de acuerdo con las políticas y lineamientos del Programa Sectorial Ambiental, en su elaboración se consideran dos aspectos: la territorialidad y la temporalidad. Así, en las normas técnicas ecológicas en materia de aire tanto para las fuentes fijas, como para fuentes móviles, se diferencian las zonas críticas del resto del país, dándose valores mas estrictos para las zonas críticas como se consideran en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. También se hace una diferencia entre fuentes nuevas y fuentes existentes, para las primeras se les pide límites máximos permisibles de emisión más estricta que a las segundas. Con esto se pretende evitar que las industrias que se establezcan en nuestro país sean

obsoletas y contaminantes.

Las Normas Técnicas Ecológicas para el control de la contaminación atmosférica que se han emitido en la Secretaría de Desarrollo Social establecen lo siguiente:

Niveles máximos permisibles de emisión de:

- Óxidos de azufre y neblinas de ácido sulfúrico para plantas de ácido sulfúrico y fuentes fijas.
- Partículas para plantas de cemento y fuentes fijas.
- Partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en fuentes fijas que consumen diesel, combustóleo, gas natural y carbón.
- Límite máximo permisible de azufre en combustible líquido para fuentes fijas.
- Hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno para vehículos nuevos en planta que usan gasolina como combustible con peso bruto vehicular hasta 3.85 ton, así como para vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo como combustible y motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina/aceite como combustible.
- Opacidad de humos en vehículos nuevos y en circulación que usan diesel.

- Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de los vehículos de gasolina y motocicletas.

En materia de contaminación atmosférica las siguientes Normas Oficiales Mexicanas son las que se utilizan para los métodos de cuantificación:

- NOM-AA-002** Determinación de humo proveniente del escape de vehículos automotores que usan diesel como combustible.
- NOM-AA-009** Determinación de flujo de gases en un ducto por medio del tubo pitot
- NOM-AA-010** Método isocnético para la determinación de la emisión de partículas sólidas totales contenidas en los gases que fluyen por un ducto.
- NOM-AA-011** Determinación de gases de combustión provenientes del escape de vehículos automotores.
- NOM-AA-013** Determinación de opacidad en gases de combustión provenientes del escape de vehículos automotores.
- NOM-AA-035** Determinación del bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión.
- NOM-AA-054** Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un ducto.

- NOM-AA-055** Determinación del dióxido de azufre en los gases que fluyen por un ducto.
- NOM-AA-056** Determinación de dióxido de azufre, trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en gases que fluyen por un ducto.

La siguiente relación son las Normas Técnicas Ecológicas sobre el control de la contaminación atmosférica:

- NTE-CCAM-001/88** Procedimiento para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire (abrogada por la NTE-CCAM-001/91).
- NTE-CCAM-002/88** Procedimiento para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire (abrogada por la NTE-CCAM-002/91).
- NTE-CCAM-003/91** Métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición.
- NTE-CCAM-004/91** Métodos de medición y procedimiento para determinar la concentración de dióxido de nitrógeno en el aire ambiente y calibración del equipo de medición.

- NTE-CCAM-005/91** Métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición.
- NTE-CCAT-001/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico.
- NTE-CCAT-002/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas originadas en los hornos de calcinación de la industria del cemento (abrogada por la NTE-CCAT-002/91).
- NTE-CCAT-003/88** Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.
- NTE-CCAT-004/88** Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos monóxidos de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible.

- NTE-CCAT-005/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión de diesel en fuentes fijas.
- NTE-CCAT-006/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión del carbono en carbocéltricas.
- NTE-CCAT-007/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión del combustóleo en fuentes fijas.
- NTE-CCAT-008/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas.
- NTE-CCAT-009/88** Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
- NTE-CCAT-010/88** Niveles máximos permisibles de opacidad del humo provenientes del escape de motores nuevos en planta que usan diesel como combustible utilizados para

propulsión de vehículos automotores (abrogada por la NTE-CCAT-010/90).

NTE-CCAT-011/88 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo provenientes de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible (abrogada por la NTE-CCAT-011/90).

NTE-CCAT-012/88 Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico.

NTE-CCAT-013/88 Características del equipo y procedimientos de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible cuyos límites máximos permisibles están determinados por las normas técnicas ecológicas correspondientes.

NTE-CCAT-014/91 Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores que usan gasolina como combustible con peso bruto vehicular mayor a 3 ton.

- NTE-CCAT-015/90** Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina/aceite como combustible.
- NTE-CCAT-016/90** Establece las características del equipo y procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de gases provenientes de motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina/aceite como combustible.
- NTE-CCAT-017/90** Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo como combustible con peso bruto vehicular mayor a 3 ton.
- NTE-CCAT-018/91** Establece el límite máximo permisible de azufre en el combustible líquido que se consuma por la industria en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

CAPITULO III

**ESTADO QUE GUARDA LA
CONTAMINACION ATMOSFERICA**

III.- ESTADO QUE GUARDA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Para cumplir con los lineamientos de reordenamiento territorial establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 1988-1994, se han definido estrategias de impulso, consolidación y regulación para los centros de población del llamado Sistema Urbano Nacional.

Este sistema, que comprende a más de 60% de la población nacional, constituye el universo preferente de acciones para el desarrollo urbano. Lo conforman las cuatro ciudades más grandes del país (México, Guadalajara, Monterrey y Puebla), 80 ciudades medias y 120 ciudades pequeñas, que fueron seleccionadas por sus características para impulsar el desarrollo, debido a su capacidad de distribuir servicios, apoyar las actividades productivas rurales o por la gravedad de sus problemas y la urgencia de poner en práctica soluciones.

En muchas ciudades se presentan procesos irregulares de poblamiento y de crecimiento en lugares inconvenientes; el costo social que resulta de ello es varias veces superior al que implicaría una previsión de reservas territoriales congruente con los planes. Esta situación se hace especialmente compleja en las zonas conurbadas, fenómeno que se da cuando dos o más

centros urbanos forman o tienden a formar una continuidad demográfica.

Aunque la contaminación atmosférica es consecuencia de la dinámica propia del desarrollo, lo es también y de manera directa el crecimiento demográfico. El acelerado crecimiento poblacional e industrial provoca la concentración en unos cuantos polos de desarrollo, la cual, a su vez, da lugar a modificaciones de las que se derivan diversas formas de contaminación, en particular la atmosférica.

En nuestro país las grandes zonas urbanas padecen problemas críticos de contaminación del aire, ya que 40% del total emitido a la atmósfera se genera en las Zonas Metropolitanas de las Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey. La contaminación afecta no sólo la calidad del aire, también repercute en el entorno inmediato y en cuencas y ecosistemas más lejanos. Por estas razones, la estrategia territorial para atender los problemas de centros urbanos ocupa una alta prioridad en las políticas y en las acciones: los polos urbanos ya no deben crecer desordenadamente. Las propuestas incluidas en los programas de saneamiento urbano son: el ordenamiento territorial, el ahorro de energía y agua, la recolección de desechos, el control del ruido, así como la promoción de una mayor conciencia y participación ciudadanas para la solución de estos problemas.

De manera semejante a las medidas de control del excesivo crecimiento urbano en los tres grandes polos del país, se busca proporcionar elementos de apoyo a las ciudades medias de toda la República para su correcto desarrollo. Tal apoyo se concibe como un medio para alcanzar los objetivos de desarrollo social y económico con menores costos, al permitir distribuir más eficaz y equitativamente los servicios de población y contribuir a descentralizar el país tanto en su sentido físico-espacial como el político-administrativo.

Otro factor adicional que ha contribuido al desequilibrio ecológico y ambiental, ha sido desde hace tiempo la oferta insuficiente de tierra barata, lo que obliga a una parte importante de la población, la de menos recursos a ocupar lotes en situación irregular en terrenos ejidales. Se estima que hay alrededor de 14 millones de mexicanos viviendo en asentamientos de ese tipo.

Para evitar que esta situación se agrave es necesario fortalecer en el futuro los programas de servicios territoriales que promueven la oferta de predios de acuerdo con los procesos de asentamiento programados.

El análisis de la problemática ambiental en el país muestra una marcada relación entre la contaminación y la orografía del medio, el tamaño y la dinámica del asentamiento humano y el crecimiento económico. La presión ejercida por el crecimiento demográfico e industrial y la falta de planeación integral del uso del suelo y sus recursos, han dado lugar a un desarrollo ambientalmente desequilibrado. La contaminación atmosférica es una consecuencia de ese tipo de desarrollo y a manera de ejemplo de la variable orográfica puede citarse el hecho de que más de 60% de la población se asienta en localidades ubicadas a más de 500 m sobre el nivel del mar donde las condiciones son menos favorables.

Otro ejemplo puede ser el de la variable energética. México es un país con poca eficiencia en el uso de energéticos, ya que en la economía mexicana se requiere de mayores cantidades de energía primaria para producir una misma cantidad de bienes y servicios que en otras partes del mundo, en donde el desarrollo industrial es superior y los climas menos favorables.

El caso es digno de mención porque existe una relación significativa entre el consumo de energía y los niveles de emisión de contaminantes para las diferentes actividades económicas. Así por ejemplo, el consumo de gasolina en el sector del transporte representa, al mismo tiempo, el mayor gasto

relativo de energía y la mayor aportación de contaminantes con respecto al volumen total (CO, NO_x, HC y Pb principalmente); las mayores emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas totales encuentran su contraparte proporcional en aquellas actividades que requieren de combustóleo y diesel, como son precisamente la industria, la generación de electricidad y los servicios. Como se ha mencionado las tres grandes zonas urbanas donde se produce 40% del total de los contaminantes emitidos a la atmósfera: en la Zona Metropolitana de las Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey. En la primera, la gran concentración urbano-industrial, el creciente uso de vehículos automotores, la existencia de grandes áreas erosionadas y zonas agrícolas de temporal y la excesiva demanda de energía, han sido factores determinantes en el deterioro de la calidad del aire; la situación geográfica de esta región no cuenta con condiciones favorables de ventilación ya que además de encontrarse ubicada a más de 2,000 m sobre el nivel del mar, la geomorfología corresponde a una cuenca cerrada que propicia la acumulación de contaminantes.

En situaciones similares, aunque menos graves, se encuentran las Zonas Metropolitanas de Guadalajara y Monterrey. En esta última Ciudad, la actividad industrial representada por más de 7,000 establecimientos industriales y la explotación intensiva de recursos minerales no metálicos han

sido factores determinantes en el desarrollo y contaminación de la región.

El fenómeno resultante es la presencia de contaminantes atmosféricos como el óxido de azufre y el monóxido de carbono. Además de las fuentes antes descritas circulan en dicha Ciudad más de 300,000 vehículos automotores. En Guadalajara se presentan mejores condiciones de ventilación, aunque el crecimiento demográfico ha sido mayor y con más vehículos automotores en circulación.

La contaminación del aire en la Ciudad de México es reflejo de su alta concentración demográfica. Debe tomarse en cuenta que la ZMCM cuenta con más de 18 millones de habitantes que producen 36% del producto interno bruto del país y que consumen 17% de la energía generada en él.

Se estima que en la ZMCM operan 30,124 establecimientos industriales, el 72% de éstos se concentra en el Distrito Federal y el 28% restante en los 17 Municipios conurbados del Estado de México; cerca del 75% de estos establecimientos corresponde a microindustrias, el 20% a pequeñas industrias, menos del 3% son industrias medianas, y el restante 2% está constituido por las grandes industrias que utilizan procesos de combustión e incineración. De acuerdo con la magnitud y tipo de calderas, cada giro

emplea distintos combustibles. Los baños públicos, panificadoras, hoteles, deportivos y hospitales utilizan combustóleo preferentemente. Algunos hoteles consumen diesel, las tintorerías usan principalmente petróleo diáfano, mientras que los expendios de alimentos consumen gas LP. La infraestructura de combustión actualmente instalada en los establecimientos comerciales y de servicios es antigua, presenta deterioro avanzado y es operada inadecuadamente.

La producción, almacenamiento y distribución de combustibles generan alrededor de 14% de la contaminación proveniente de fuentes fijas. Casi la tercera parte de estas emisiones están constituidas por hidrocarburos, y alrededor de la sexta parte por dióxido de azufre.

Los vapores de gasolinas y combustibles en general son especialmente nocivos para la salud. Las principales fuentes de hidrocarburos crudos provienen del control de proceso, distribución, transporte y almacenamiento.

CONDICIONES METEREOLÓGICAS.

La presencia de inversiones térmicas es uno de los elementos que contribuyen en mayor medida a la acumulación de contaminantes en el aire; estas inversiones ocurren en la ZMCM prácticamente todos los días del invierno. Además, en esa temporada frecuentemente coinciden otros fenómenos meteorológicos, tales como los sistemas de alta presión que limitan aún más la escasa dispersión de los contaminantes.

Estos sistemas se encuentran relacionados con la presencia de aire polar sobre el territorio nacional, que provoca una gran estabilidad atmosférica, fuertes inversiones térmicas y una baja velocidad de desplazamiento de las masas de aire.

En las figuras III.1 y III.2, se muestran la frecuencia de inversiones térmicas y el promedio mensual de ruptura de inversiones térmicas.

En general la ZMCM y su área ecológica de influencia, la cual incluye las sierras y montañas que lo rodean, gozan de un clima templado con precipitaciones anuales superiores a los 700 mm en las zonas montañosas del sur y temperaturas medias que oscilan entre 10 y 23 grados centígrados en la

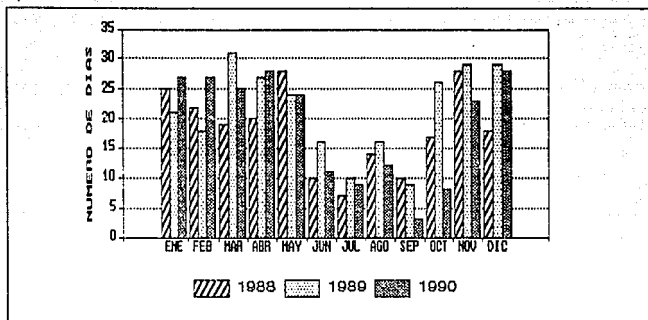


FIG. III.1.- FRECUENCIA DE LAS INVERSIONES TERMICAS, 1988-1990

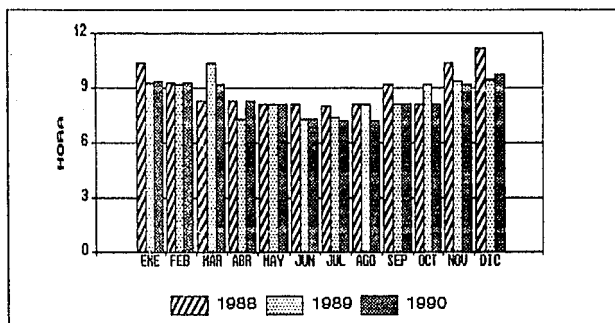


FIG. III.2.- PROMEDIO MENSUAL DE HORA DE RUPTURA DE INVERSIONES TERMICAS, 1988-1990

Ciudad. El área en donde se ubica el antiguo Lago de Texcoco posee un clima seco estepario, influenciado por la apertura oriente del Valle en dirección hacia los grandes Llanos de Apan, en el Estado de Hidalgo. En esta porción del Valle la precipitación no supera los 532 mm anuales y las temperaturas medias alcanzan en verano los 35 grados centígrados.

La época de lluvias inicia en mayo y termina en septiembre. Es en los meses de junio, julio y agosto cuando se presentan precipitaciones intensas y casi diarias, que contribuyen a la limpieza de la atmósfera.

Los vientos dominantes durante el día y a lo largo del año provienen del noreste, con velocidades medias superficiales del orden de 2 m/s. Durante la noche, los vientos fríos de las montañas descienden hacia el Valle como lo muestra la figura III.3.

En las épocas de secas, durante los primeros meses del año, fuertes vientos vespertinos provenientes del noreste, acarrear partículas de las áreas desprovistas de vegetación y pavimento provocando tolvaneras locales. Hacia marzo, vientos del norte y ocasionalmente del sur, limpian la atmósfera a medio día, estableciéndose condiciones de mejor visibilidad.

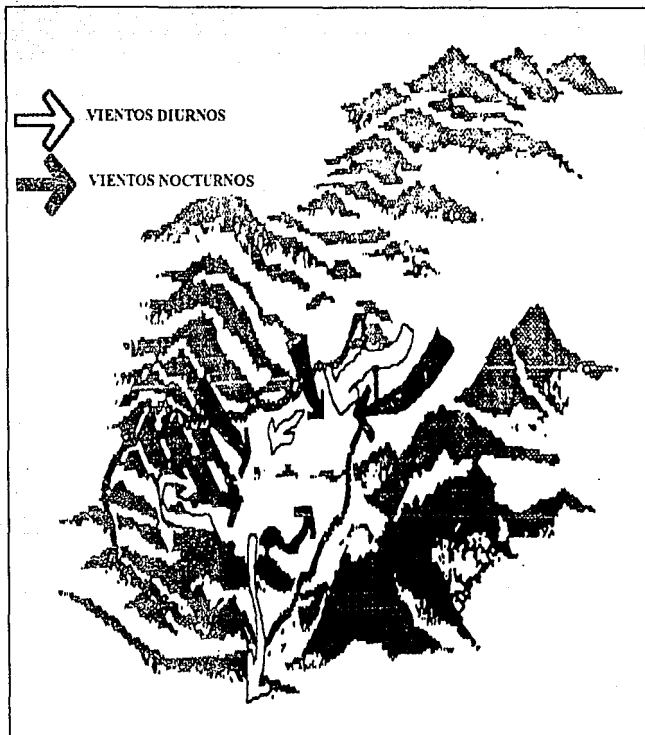


FIG. III.3.- DIRECCION DE LOS VIENTOS PREDOMINANTES EN EL VALLE DE MEXICO

La extensión del área urbana y el consumo de energéticos que se realiza en su interior, han modificado sensiblemente el microclima del Valle. Actualmente, las islas de calor de la Ciudad marcan diferencias de hasta 12 grados centígrados entre la Ciudad y las áreas suburbanas y rurales de la periferia. Este fenómeno provoca movimientos ascendentes de aire contaminado en el centro del Valle, mismo que tiene oportunidad de dispersarse o descender en los alrededores inmediatos de la Ciudad.

Como fenómeno meteorológico, las inversiones térmicas en el Valle de México tiene un especial relevancia en la concentración de contaminantes en el aire. Estas ocurren durante las primeras horas del día, en donde una masa de aire frío superficial queda atrapada por una masa de aire caliente en las alturas, acumulándose los contaminantes emitidos en la noche anterior y los arrojados por las actividades matutinas de la población e industrias de la Ciudad (fig. III.4).

Además, y en particular durante la temporada invernal, frecuentemente coinciden otros fenómenos meteorológicos, tales como los sistemas de alta presión. Estos limitan aún más la escasa dispersión de los contaminantes y están relacionados con la presencia de aire polar sobre el territorio nacional.

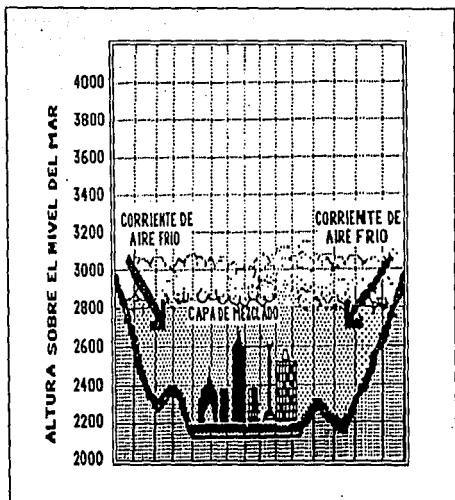


FIG. III.4.- REPRESENTACION DE LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MEXICO QUE PROPICIAN LAS INVERSIONES TERMICAS

En el invierno, las inversiones térmicas se rompen normalmente alrededor de las 10 de la mañana por acción del sol, el cual calienta el aire superficial de la Ciudad, provocando su movimiento ascendente y permitiendo la dispersión de los contaminantes.

La radiación solar origina la reacción de los contaminantes en la atmósfera, con la consiguiente formación de contaminantes fotoquímicos, como el ozono, que pueden ser dañinos a la salud, la vegetación, la fauna y los materiales en general.

Por su altitud y latitud, así como por sus condiciones climáticas, el Valle de México recibe intensa radiación solar que promueve la generación de compuestos fotoquímicos. Durante la época de lluvias, la nubosidad bloquea el paso del sol, aunque esto no impide que al mediodía y con nubes dispersas, la radiación solar sea suficiente para la formación de estos compuestos.

CAPITULO IV

**PROCESOS URBANOS Y
EMISION DE CONTAMINANTES**

IV. PROCESOS URBANOS Y EMISION DE CONTAMINANTES.

Como se ha mencionado en los capitulos anteriores las causas de emisión de contaminantes se deben a los diferentes procesos debidos a la industria, establecimientos de servicios, generación de energía eléctrica, almacenamiento de combustibles, transporte y el uso del suelo, los cuales se describen a continuación.

IV.1.- INDUSTRIA.

En la Ciudad de México hay más de 30 mil establecimientos industriales, de los cuales alrededor de 4 mil contribuyen significativamente a la emisión de contaminantes, por su tamaño y procesos de transformación y combustión. Destacan las siguientes ramas: química (incluyendo pintura y solventes), fundición de hierro y acero, textil, de minerales no metálicos, hulera, papelera, alimenticia, vidriera, de plásticos, metal mecánica, asfalto, grasas y aceites, y cementera.

Las industrias químicas y metalúrgica son particularmente agresivas al medio ambiente, y lo son más cuando sus procesos están tecnológicamente atrasados y no poseen equipos de control de emisiones. En general, la

obsolescencia y poco control de los procesos de combustión, el empleo de combustibles con alto contenido de azufre y el uso de solventes, causan las mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera.

En cuanto a la cobertura de equipos de control de emisiones en la industria, inspecciones realizadas permiten señalar que su uso es muy limitado y deficiente. En la mayoría de los casos, las industrias que poseen dispositivos de control lo hacen para capturar polvos fugitivos, tanto por necesidades del proceso, como para evitar pérdidas. El nivel de operación y mantenimiento de los equipos de control es bajo, dando como resultado que, aunque se tengan equipos, éstos no operan eficientemente de acuerdo a su diseño. El control de gases de combustión en calderas de mediano y gran tamaño es prácticamente inexistente. En este tipo de sistemas es necesaria una capacitación de los operadores y equipos de control del proceso.

La operación correcta de una caldera implica que la temperaturas dentro de la cámara de combustión sean muy altas y por lo tanto que las emisiones de NO_x sean elevadas. La instalación de quemadores de bajos NO_x es una alternativa para el control de estas emisiones. Por su parte, el control de emisiones en las operaciones donde se aplican solventes, constituidos por hidrocarburos con diferentes grados de reactividad fotoquímica, es

prácticamente inexistente y las mismas técnicas de aplicación y otros usos de estas sustancias propician su desperdicio y consumo excesivo.

IV.2.- ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS.

Se estima que en la ZMCM operan 12 mil establecimientos de servicios que poseen procesos de combustión e incineración. De acuerdo con la magnitud y tipo de calderas, cada giro emplea distintos combustibles. Los baños públicos, panificadoras, hoteles, deportivos y hospitales utilizan combustóleo preferentemente. Algunos hoteles consumen diesel, las tintorerías usan principalmente petróleo diáfano, mientras los expendios de alimentos consumen gas LP. La infraestructura de combustión instalada en los establecimientos comerciales y de servicios es antigua, presenta un deterioro avanzado y es operada inadecuadamente. La alternativa más viable para optimizar su operación es incrementar su eficiencia de combustión, por medio de una mejor regulación de la relación aire/-combustible, incluyendo el control de la temperatura del combustible, la eventual sustitución de quemadores, la adecuada capacitación de los fogoneros, y sobretodo, la reducción del azufre contenido en el diesel y combustóleo, como medida general que mejorará en forma significativa la calidad del aire.

IV.3.- GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

Las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México producen en conjunto más del 9% del total de contaminantes emitidos por el conjunto de industrias y establecimientos comerciales y de servicio (fuentes fijas). Sus emisiones de dióxido de azufre han disminuido en 80% con la sustitución de combustóleo por gas natural. No obstante, las emisiones de NO_x siguen siendo importantes porque estos se generan en todo proceso de combustión.

IV.4.- PRODUCCION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES.

Este rubro genera alrededor del 14% de la contaminación provenientes de fuentes fijas. Casi la tercera parte de estas emisiones están constituidas por hidrocarburos, y alrededor de la sexta parte por dióxido de azufre.

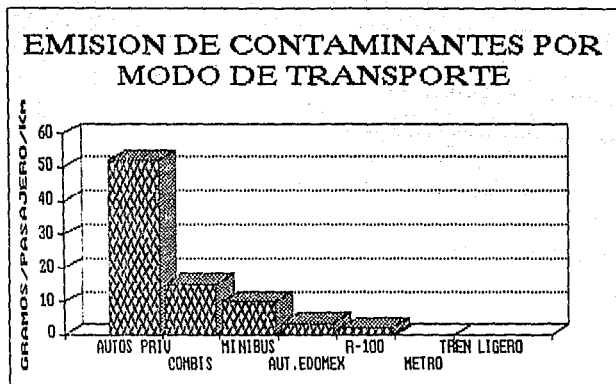
Los vapores de gasolinas y combustibles en general son especialmente nocivos a la salud. Las principales fuentes de hidrocarburos crudos provienen de centros de proceso, distribución, transporte y almacenamiento.

IV.5.- TRANSPORTE.

La extensión del área urbana y la intensa vida económica y social de la Ciudad, obliga a sus pobladores a desplazarse grandes distancias para cumplir con las actividades cotidianas. Se estima que diariamente se realizan 29.5 millones de viajes, los cuales se hacen en 2.4 millones autos privados, 57 mil taxis, 69 mil combis y microbuses, 10 mil 500 autobuses urbanos, 8 líneas del metro con 2,205 vagones, una línea de tren ligero y 450 trolebuses. Además, se estima que circulan en la ZMCM cerca de 196 mil camiones a gasolina distribuidores de mercancías y 60 mil camiones a diesel que mueven carga y pasajeros de rutas foráneas.

Entre estos modos de transporte, el taxi y el auto privado emiten mayor carga contaminante por pasajero-kilómetro transportado, como se muestra en la siguiente gráfica.

Las emisiones vehiculares representan el 76% del total de contaminantes emitidos a la atmósfera de la Ciudad de México. Los autos particulares emiten más de la mitad de los contaminantes de origen vehicular y al emplear gasolina generan además óxidos de plomo, de azufre y partículas.



Por otra parte, los taxis, combis y microbuses emiten en conjunto el 24% de las emisiones vehiculares, representando el grupo de transporte colectivo con mayor aportación contaminante por cada viaje realizado. Los camiones de carga a gasolina emiten más del 26% de los contaminantes de origen vehicular. Los camiones de carga a diesel registrados en la ciudad representan alrededor del 2% de la contaminación emitida por vehículos automotores. Sin embargo su contribución en bióxido de azufre y partículas es muy elevada. Esta cifra no incluye los vehículos a diesel que entran con registro federal de autotransporte de carga y pasajeros.

IV.6.- EL USO DEL SUELO.

El tamaño de la población y del área urbana de la ZMCM, obliga a sus habitantes a recorrer distancias considerables y a invertir una parte importante de sus tiempo para transportarse. En algunos casos la población invierte hasta 4 horas diarias en traslados para realizar sus actividades cotidianas.

En cuanto al suelo suburbano o semirural y rural, saltan al escenario las profundas alteraciones ecológicas que ha sufrido el Valle de México y las montañas que lo rodean. El 99% del área lacustre y las tres cuartas partes de los bosques originales han desaparecido. Interpretación de imágenes de satélite permiten estimar 41,600 hectáreas de superficie en proceso de erosión por viento. En ellas se incluyen zonas agrícolas, de agostadero, lechos de antiguos lagos y zonas suburbanas sin pavimentar. Estas regiones contribuyen con partículas suspendidas a la contaminación del aire en la ZMCM. Cada año se desforestan más de mil hectáreas y se pierde otro tanto de tierras productivas.

Estos fenómenos han afectado la productividad natural del territorio, la diversidad biológica y la permanencia de procesos ecológicos e hidrológicos

vitales. La deforestación, la desecación de cuerpos de agua y decaimiento de prácticas agropecuarias, han propiciado que los suelos deshidratados y desprovistos de una cubierta vegetal permanente estén sujetos a la acción erosiva del viento, generando la emisión de partículas en suspensión, principalmente en la época de estiaje. Su influencia sobre la contaminación del aire alcanza el 42% del total de partículas.

Esta situación se agrava con el fecalismo al aire libre, la inadecuada disposición de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto, y otras prácticas favorecen la dispersión de contaminantes aerobiológicos. Las zonas oriente y suroriente de la ZMCM se han constituido en las fuentes naturales de emisión de PST más importantes. La introducción del drenaje en el Distrito Federal es prioritaria. Se proyecta reducir el déficit en cuatro años a menos de la mitad del existente en 1988.

IV.7.- INVENTARIO DE EMISIONES POR ACTIVIDAD Y SECTOR.

La contaminación del aire es algo inherente al desarrollo y funcionamiento de la Ciudad. Por tanto, para comprender la estructura del problema, en términos de contribución relativa de cada proceso urbano a las emisiones totales, es indispensable plantear un Inventario de Emisiones. Esto permite

Identificar responsabilidades y prioridades, como fundamento para un programa efectivo como se muestra en los siguientes cuadros.

INVENTARIO DE EMISIONES (TONELADAS/AÑO)

INVENTARIO DE EMISIONES 1989 (TON/AÑO)

SECTOR	FUENTES	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	TOTAL	
ENERGIA	IEHEX	14,761	2,237	31,730	52,745	1,154	103,543	
	TELEELÉCTRICAS	16,247	6,712	113	360	3,545	69,078	
INDUSTRIA Y SERVICIOS	INDUSTRIA	15,731	26,791	59,781	15,719	45,242	163,454	
	SERVICIOS	12,160	3,966	121	165	2,347	29,104	
TRANSPORTE	AUTOS PRIVADOS	3,557	41,476	141,059	1,524,133	4,574	1,519,123	
	TAXIS	204	9,318	31,384	101,162	297	344,459	
	COMBIS Y MINIBUSES	59	10,155	42,744	494,471	1,092	459,156	
	R-100	5,224	6,056	2,439	6,270	240	22,221	
	APPLUBUS ETC. DE MEX.	15,762	16,102	5,299	12,612	671	45,035	
	CARPA A GASOLINA	23	16,114	67,544	779,567	1,114	576,584	
	CARPA A DIESEL	20,000	14,100	7,500	14,100	92	75,400	
	TRENES, AVIONES, ETC.	141	2,700	1,492	1,740	117	4,644	
	DEGRADACION ECOLOGICA		0	0	0	0	119,419	119,419
	TOTALES		205,725	177,136	472,104	2,157,927	10,554	4,156,301

INVENTARIO DE EMISIONES 1989 PORCENTAJES EN PESO POR CONTAMINANTE

SECTOR	FUENTES	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	TOTAL
ENERGIA	IEHEX	7.2	1.4	5.5	1.8	0.1	2.4
	TELEELÉCTRICAS	8.3	3.7	0.0	0.0	0.3	1.6
INDUSTRIA Y SERVICIOS	INDUSTRIA	25.0	16.2	7.0	0.5	2.2	3.7
	SERVICIOS	10.7	2.2	0.0	0.0	0.1	0.7
TRANSPORTE	AUTOS PRIVADOS	1.7	23.7	24.7	45.0	1.0	34.9
	TAXIS	0.4	5.4	5.6	10.2	0.2	7.9
	COMBIS Y MINIBUSES	0.4	5.7	7.5	13.7	0.2	10.5
	R-100	2.6	4.5	0.4	1.2	0.1	0.5
	APPLUBUS ETC. DE MEX.	6.3	10.2	0.3	3.4	0.1	1.1
	CARPA A GASOLINA	0.5	9.6	11.9	24.4	0.3	19.9
	CARPA A DIESEL	9.6	14.7	1.1	0.6	0.2	1.6
	TRENES, AVIONES, ETC.	0.1	1.5	0.3	0.2	0.0	0.2
	DEGRADACION ECOLOGICA	0.0	0.0	0.0	0.0	93.1	9.6
	TOTALES		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

RESUMEN DEL INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR Y TOXICIDAD

**INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR
TONELADAS / AÑO**

SECTOR	SO ₂	NO _x	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	73,026	9,846	31,843	53,265	4,199	171,621
INDUSTRIA Y SERVICIOS	97,791	32,871	40,102	16,280	14,711	189,755
TRANSPORTE	44,274	133,691	300,280	2,833,728	3,545	3,342,172
DEGRADACION ECOLOGICA	131	701	199,774	17,082	419,640	681,840
TOTALES	215,726	177,339	572,101	2,950,277	450,599	4,356,393

**INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR
PORCENTAJES EN PESO**

SECTOR	SO ₂	NO _x	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	15.5	5.6	5.6	1.8	1.0	4.0
INDUSTRIA Y SERVICIOS	42.7	18.5	7.0	0.6	2.8	4.4
TRANSPORTE	21.8	75.4	52.5	96.7	2.1	76.7
DEGRADACION ECOLOGICA	0.1	0.5	34.9	0.9	94.0	15.0
TOTALES	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR
PONDERADO POR TOXICIDAD
PORCENTAJES**

SECTOR	SO ₂	NO _x	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	7.2	1.1	1.3	0.2	1.0	10.8
INDUSTRIA Y SERVICIOS	8.6	3.7	1.7	0.0	2.8	16.9
TRANSPORTE	4.4	14.9	12.6	8.4	2.1	42.4
DEGRADACION ECOLOGICA	0.0	0.1	8.4	0.1	21.3	29.9
TOTALES	20.2	19.8	23.9	8.7	27.3	100.0

CAPITULO V

MEDICION DE LA CALIDAD DEL AIRE

V.- MEDICION DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Para evaluar la calidad del aire en la ZMCM se cuenta con un sistema de estaciones de monitoreo que forman la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y la Red Manual de Monitoreo Atmosférico. La primera cuenta con 32 estaciones que evalúan siete contaminantes y cuatro parámetros meteorológicos (ver tabla V.1).

La segunda está compuesta por 23 estaciones que evalúan PST, PSFR, SO_4 , NO_3 , y metales pesados (plomo, cadmio, cobre, zinc y níquel).

Con objeto de ampliar la cobertura de medición de la RAMA se cuenta con un financiamiento del Banco Mundial para el proyecto de ampliación y reforzamiento de la red actual. La etapa de reforzamiento incluyó la adquisición de 39 analizadores automáticos para medir CO , SO_2 , NO_x , HC , O_3 y partículas suspendidas, distribuidos estratégicamente en las estaciones que se requieren. La etapa de ampliación involucró la construcción de siete estaciones adicionales a las 25 de la RAMA que se tenían en 1990, ubicadas en los entornos de la confluencia entre el área metropolitana y el Estado de México en los cuatro puntos cardinales.

TABLA V.1.- Distribución de las estaciones que comprenden la Red Automática de Monitoreo Atmosférico

ESTACION	CLAVE	UBICACION	PARAMETROS
1	E	Tehuacan	O ₃ , SO ₂
2	E	Saltillo	SO ₂
3	J	Ciudad Juárez	SO ₂
4	B	Tianguay	O ₃ , CO, SO ₂ , HNO ₂ , H ₂ S, Met.
5	J	ENHUE-ARAGÓN	O ₃ , CO, SO ₂ , HNO ₂ , Met.
6	H	Los Laureles	SO ₂
7	H	La Piedad	SO ₂ , PST
8	J	La Villa	CO ₂ , PM-10
9	H	San Agustín	SO ₂ , O ₃ , HNO ₂ , Met.
10	J	Amatitlán	SO ₂ , O ₃
11	F	Tlalferancia	SO ₂ , CO, PST, O ₃ , HNO ₂ , H ₂ S, PM-10, Met.
12	L	Xalisco	SO ₂ , CO, PST, O ₃ , HNO ₂ , H ₂ S, PM-10, Met.
13	X	Mérida	H ₂ S, SO ₂ , CO, PST, O ₃ , HNO ₂ , H ₂ S, HNO, PM-10, HC, Met.
14	T	Saltillo	SO ₂ , CO, PST, O ₃ , HNO ₂ , H ₂ S, PM-10, Met.
15	J	Carretera a Estrella	SO ₂ , CO, PST, O ₃ , HNO ₂ , H ₂ S, PM-10, HC, Met.
16	U	El Estero	SO ₂ , O ₃ , Met.
17	Y	Nacozari	SO ₂ , PST, O ₃ , HNO ₂ , CO, HC, PM-10, Met.
18	F	DAM-Itzamal	CO, PST, O ₃
19	F	Aragón	CO, SO ₂
20	O	Bezan, Atlixco	CO, SO ₂ , PM-10
21	E	IME	CO
22	M	Ensenada	CO, O ₃ , HNO ₂
23	P	Tehuacan	CO, O ₃ , PST
24	V	Imperial	SO ₂
25	A	Cuicatlan	CO
26	TLI	Tulitlán	HNO ₂ , SO ₂ , CO, HC, PM-10
27	AT	Atlixco	HNO ₂ , SO ₂ , CO
28	VF	Villa Flores	HNO ₂ , SO ₂ , CO, HC, PM-10
29	CJ	Cuicatlan	O ₃
30	TL	Tlalpa	O ₃
31	CH	Chalapa	O ₃
32	TH	Tehuacan	O ₃ , SO ₂ , PM-10

Fuente: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Setecor, 1991.

SÍMBOLOGÍA

SO₂ : Sulfuro de azufre
 CO : monóxido de carbono
 H₂S : Sulfuro de hidrógeno
 HNO₂ : hidrocianuro de nitrógeno
 H₂ : ácido sulfhídrico

PST : partículas suspendidas totales
 HC : hidrocarburos
 Met : parámetro meteorológico
 O₃ : Ozono
 NO₂ : dióxido de nitrógeno

PM-10 : Partículas respirables



FIG. V.1.- ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO: DELEGACIONES POLITICAS DEL DISTRITO FEDERAL Y MUNICIPIOS CONURBADOS DEL ESTADO DE MEXICO

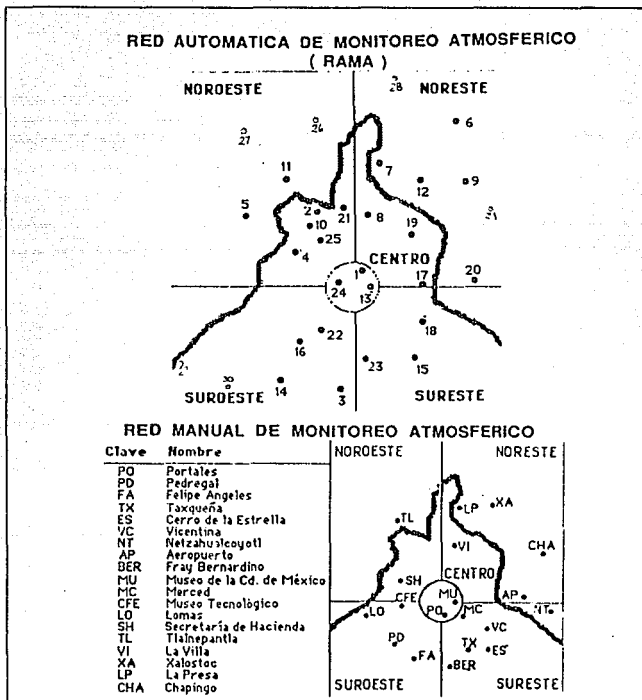


FIG. V.2.- REDES AUTOMATICA Y MANUAL DE MONITOREO ATMOSFERICO

En México, a partir del 29 de noviembre de 1982, la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia, estableció los lineamientos para determinar el criterio base para la evaluación de la calidad del aire; los valores fijados aparecen en la tabla V.2.

TABLA V.2.- Criterios para Evaluar la Calidad del Aire

CONTAMINANTE	CRITERIO (NORMA)
Monóxido de Carbono	13 ppm en 8 hrs
Dióxido de Azufre	0.13 ppm en 24 hrs
Dióxido de Nitrógeno	0.21 ppm en 1 hr
Ozono	0.11 ppm en 1 hr
Partículas menores a 10 micrómetros	150 µg/m ³ en 24 hrs
Partículas Suspensas Totales	275 µg/m ³ en 24 hrs
Plomo*	1.5 µg/m ³ promedio de 3 meses

* criterio utilizado en algunos países industrializados.

Los principales contaminantes del aire en la Ciudad de México son el monóxido de carbono, dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el ozono, las partículas suspendidas y el plomo.

MONOXIDO DE CARBONO.

Por las condiciones de altitud de la Ciudad de México, los procesos de combustión son menos eficientes y a menudo incompletos debido a la menor cantidad de oxígeno, lo que favorece la producción de monóxido de carbono. Durante el día, las concentraciones altas se relacionan directamente con las llamadas horas "pico", cuando el tráfico vehicular es más intenso. Asimismo, tienden a aumentar de lunes a viernes y disminuir los fines de semana.

BIOXIDO DE AZUFRE.

Se produce a partir de la combustión de algunos hidrocarburos como el combustóleo y el diesel, además de los procesos de refinación de petróleo. Además de ser un contaminante atmosférico por su sola presencia, el bióxido de azufre es un precursor del ácido sulfúrico, por lo que contribuye a la producción de lluvia ácida. Por otra parte, los sulfatos generados en reacciones secundarias del bióxido de azufre en la atmósfera son capaces de favorecer el incremento de las concentraciones de partículas suspendidas en el aire, disminuyendo así la visibilidad.

Se ha encontrado que las concentraciones más altas de bióxido de azufre

en la ZMCM se hallan en las áreas de mayor actividad industrial y circulación de vehículos diesel (Xalostoc y el noreste de la Ciudad).

OXIDOS DE NITROGENO.

Producto de la combustión, los óxidos de nitrógeno son precursores del ozono. Además, una vez en la atmósfera pueden reaccionar para formar ácidos y sales de nitrato que contribuyen también a la lluvia ácida y a la disminución de la visibilidad.

Aunque no se cuenta con un criterio de calidad del aire para los óxidos de nitrógeno, sí lo hay para una de sus formas químicas, el dióxido de nitrógeno, la Norma Mexicana de Calidad del aire es de 0.21 ppm, promedio máximo horario. Debido a las características tecnológicas de los procesos que lo generan, como la calidad de los combustibles utilizados en el parque vehicular, los patrones de circulación del viento y usos del suelo imperantes en la ZMCM, el análisis del número de días que rebasan el criterio de calidad antes mencionado, presenta una tendencia creciente en una estación representativa de la ZMCM, la estación Mercedes, en tanto que en la zona noroeste representada por la estación Tlalnepantla, la tendencia es decreciente.

OZONO.

El ozono es producto de reacciones atmosféricas muy complejas en las que intervienen los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y la luz solar. Por esta razón, entre otras, las concentraciones de ozono disminuyen durante la noche y los valores máximos se alcanzan poco después del mediodía, ciclo característico de este contaminante. Por lo anterior, el ozono es uno de los gases más frecuentes en la atmósfera de la ZMCM, siendo también el que comúnmente rebasa el criterio de calidad, 0.11 ppm como promedio máximo horario.

En la zona suroeste caracterizada por la estación Pedregal, el ozono alcanza las concentraciones más elevadas: rebasa el criterio de calidad antes mencionado hasta 150 horas por mes.

PARTICULAS SUSPENDIDAS.

Dentro de este grupo existe una gran diversidad de partículas de muy variada naturaleza. Entre ellas se encuentra las naturales (formadas por materiales de los suelos y partículas de origen biológico), las provenientes de los procesos de combustión, las que son producto de la actividad de la

industria de la construcción y las que resultan de las reacciones de los contaminantes como los sulfatos y los nitratos.

Como consecuencia de la distribución de usos del suelo en la ZMCM y de las características climáticas de la época invernal, las mayores concentraciones de partículas suspendidas se presentan en la parte noreste de la Ciudad, en donde, en la estación Xalostoc, se observa una tendencia creciente durante los meses de octubre a enero. Este ascenso obedece a la permanencia de las partículas en el aire debido a las condiciones de estabilidad atmosférica, típicas de esta estación climática; la tendencia se invierte durante los meses de marzo a agosto, lo que coincide con condiciones más favorables de dispersión.

PARTICULAS SUSPENDIDAS FRACCION RESPIRABLE (PM10).

Dentro de la gran diversidad de partículas presentes en el aire, las partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor de 10 micras tienen una gran importancia por sus efectos sobre la salud de la población ya que frecuentemente se depositan en los lechos alveolares del aparato respiratorio y pueden provocar enfermedades, sobre todo en personas sensibles, niños, ancianos y personas con antecedentes de padecimientos respiratorios.

Por otra parte, en cuanto a su distribución, las áreas más afectadas por este contaminante en la ZMCM son las zonas sureste y noreste, siguiéndoles en importancia las zonas centro y noroeste y, finalmente, es en la zona suroeste donde este contaminante ha registrado sus concentraciones más bajas.

PLOMO.

Su presencia en la atmósfera se debe a la combustión de gasolinas que contienen este metal. En la Ciudad de México sus concentraciones han disminuido como consecuencia del uso de gasolinas mejoradas desde valores de 0.8 ml/l hasta 0.26 ml/l. A partir de tales reducciones, sus concentraciones en el aire han disminuido en más de 50% en comparación con 1982 ya que actualmente el promedio nacional es de 0.21 ml/l. Sin embargo, se continúa gestionando con Pemex reducciones futuras de ese compuesto en las gasolinas, hasta llegar a 0.05 ml/l, lo cual dependerá de la tecnología existente.

Este contaminante no cuenta con un criterio nacional de calidad del aire; sin embargo, de acuerdo con la Norma Primaria de Estados Unidos, el criterio establecido es de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio trimestral. De acuerdo con

esto se observa una tendencia decreciente, incluso en el noreste de la ZMCM, caracterizada por presentar las concentraciones más elevadas de este contaminante.

Igualmente, es preciso destacar que este contaminante describe un comportamiento estacional, siendo menores las concentraciones durante el segundo y el tercer trimestres que durante el resto del año.

LLUVIA ACIDA.

El problema de la acidez de las lluvias en la ZMCM ha sido atendido desde 1987, año en el cual dio inicio el programa de monitoreo de precipitaciones ácidas, que cuenta con ocho sitios de muestreo. Considerando que el agua de lluvia es ácida cuando el pH es menor a 5.6, se ha identificado que las estaciones ubicadas al suroeste de la ZMCM presentan las mayores frecuencias de acidez en las muestras. Así, en las estaciones Pedregal y Felipe Angeles durante el año de 1989 las precipitaciones ácidas alcanzaron una frecuencia de 56 y 50%, respectivamente. En 1990 estas frecuencias aumentaron a 87.5 y 69.1% para las mismas estaciones.

V.1.- TECNICAS DE EVALUACION DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES MAS SIGNIFICATIVOS.

En la práctica la evaluación de los elementos contaminantes se logra sometiendo el sistema a una perturbación física, a la cual el contaminante reacciona emitiendo una señal. Esta perturbación puede ser inducida mediante un rayo de luz de las más diversas longitudes de onda, o haciendo pasar el aire por una flama, o aplicando un potencial eléctrico, etc. El contaminante presente responde a esa perturbación emitiendo una señal que es tanto más intensa cuanto mayor es su concentración. En la práctica, se trata de operar en condiciones tales que la señal sea proporcional a la concentración, o se la pueda convertir fácilmente en tal. Por lo general, esta señal se transforma en una señal eléctrica que se registra sobre papel, sobre cinta magnética, sobre una pantalla luminosa, o bien, se le manda directamente a una computadora para su posterior elaboración.

Hoy en día se dispone incluso de instrumentos de tercera generación, en los cuales la señal perturbadora, como por ejemplo un haz de rayos láser, se envía directamente a la zona de la atmósfera que sea de interés. La señal regresa después al instrumento que la emitió, transformada a manera de contener información referente a la concentración del contaminante que se

está examinando. Si nos preguntáramos qué características debe poseer un buen instrumento de medición, la respuesta sería, que éste tiene que ser sensible y preciso. En la figura V.3: sobre el eje horizontal se representan las concentraciones de un contaminante hipotético, en tanto que sobre el vertical se registran las señales de dos instrumentos distintos. Recordemos que la señal puede ser una magnitud física cualquiera, pero normalmente se procura que sea una magnitud eléctrica, como una corriente o un voltaje. Para la misma concentración, el instrumento I_1 da una señal mayor que I_2 y, por ende, es más sensible. Una cierta incertidumbre en la medición de la señal, que es inevitable en todo aparato, corresponderá, en el caso del instrumento menos sensible, a una mayor incertidumbre en la medición de la concentración.

Todo instrumento de medición dará una señal, aun en ausencia de la sustancia que deseamos medir; por ejemplo, los circuitos eléctricos del instrumento darán lugar a pequeñas corrientes o voltajes. A esta señal parásita se le llama ruido de fondo. Es evidente que si la señal que produce nuestro contaminante es igual, o incluso menor, que el ruido de fondo, se confundirá con éste. Para efectuar la medición es preciso que la concentración de la sustancia que vayamos a medir sea tal, que dé una señal del orden, cuando menos, del doble del ruido de fondo. A esta concentración se la

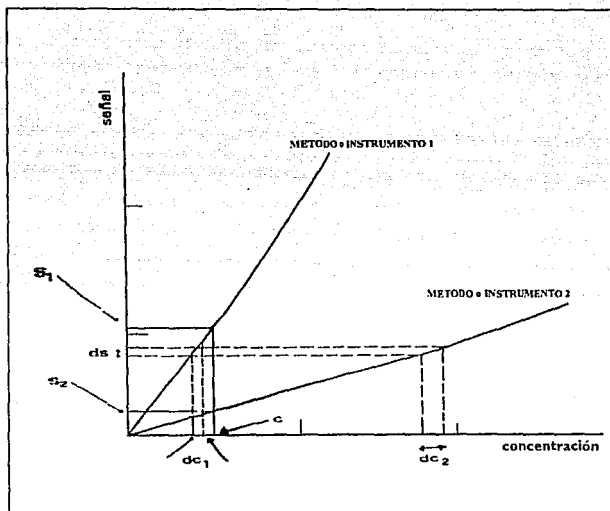


FIG. V.3.- Comparación de la sensibilidad de dos Métodos o Instrumentos

denomina límite de detectabilidad de la sustancia. Claro que a concentraciones del mismo orden de magnitud que el límite de detectabilidad, la medición será muy precisa.

Esta observación, nos dá el concepto de la precisión de un método o de un instrumento; serán precisos si todos los valores, de manera individual,

difieren poco de la media; esto es se obtiene el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores individuales y el promedio de estos valores.

Puede suceder que los valores medidos sean todos cercanos entre sí, pero que todos estén alejados del valor verdadero de la concentración que queremos medir. En tal caso se dice que el instrumento o el método son precisos, pero no exactos.

Una de las maneras de reducir al mínimo la inexactitud es una buena calibración del instrumento. La calibración consiste en usar el instrumento con concentraciones conocidas de la sustancia que se haya de medir, y hacer una gráfica con los valores de las señales obtenidas, en función de las concentraciones conocidas. Graficar una magnitud en función de otra significa construir una gráfica en la cual a cada punto de la segunda magnitud, que se indica sobre el eje vertical, corresponde un punto de la primera magnitud, representada sobre el eje horizontal. Es así como podemos imaginarnos que se han construido las rectas de la figura V.3. Para los contaminantes del aire, no siempre es fácil disponer de atmósferas de muestra con concentraciones conocidas de contaminante y manejarlas de manera correcta.

El último concepto que debemos considerar es el de sustancia interferente. Los métodos instrumentales modernos poseen un alto grado de selectividad, lo cual significa que la señal del instrumento la produce casi exclusivamente la sustancia que deseamos medir. Desafortunadamente, ese casi, indica la existencia de otras sustancias, en particular si se hallan presentes en mucha mayor cantidad que la sustancia cuya medición nos interesa, que producen una señal capaz de inducir un valor adicional al real. En algunos casos la interferencia es negativa, es decir, la sustancia interferente puede hacer disminuir la señal emitida por un determinado contaminante, haciendo que se registren valores inferiores a los reales.

En un sistema de medición automático, las operaciones de recolección de la muestra, de análisis cuantitativo, de registro de los resultados y, con frecuencia, incluso de la calibración, se efectúan automáticamente; pero esto no significa que tales operaciones no deban quedar bajo la vigilancia de personal experto y calificado. En este aspecto, la diferencia con respecto a un método no automático está en que este último, confiado a personal inexperto, a menudo no produce resultado alguno, mientras que un método automático puede arrojar cifras absolutamente carentes de significado.

V.1.1.- LA DETERMINACION DEL MONOXIDO DE CARBONO. ANALISIS CON IR.

El efecto invernadero que el óxido de carbono posee la capacidad de absorber las radiaciones a las que llamamos infrarrojas (IR). Esta propiedad es común a muchas otras moléculas, y cada una de éstas es particularmente sensible a una determinada longitud de onda. El monóxido de carbono, por ejemplo, absorbe en particular la radiación que está en las inmediaciones de los 4600 nm. Supongamos, entonces, que disponemos de una radiación de esta longitud de onda, cuya forma más sencilla de obtener es haciendo pasar la luz a través de un filtro que bloquee las demás longitudes de onda; puede servirnos de ejemplo el filtro rojo de una cámara fotográfica, por más que éste no sea lo suficientemente preciso como para efectuar este tipo de mediciones. A continuación, el rayo de luz se puede dividir en dos rayos de igual intensidad, por medio de un espejo semitransparente; es decir, un espejo que deje pasar la mitad de la luz y que refleje la otra mitad. Una de las dos mitades, reflejada desde un espejo, atraviesa una celda de material transparente (celda de referencia), que contiene un gas que no es capaz de absorber la radiación. La otra mitad, en cambio, se hace pasar a través de una celda idéntica (celda de medición), en el interior de la cual circula el aire contaminado por monóxido de carbono. El CO que

contenga el aire absorberá la radiación, la cual, a la salida de la celda presentará una intensidad menor que aquella radiación que haya pasado por la celda de referencia. A la salida de sus respectivas celdas, las dos radiaciones se dirigen hacia dos dispositivos capaces de dar una respuesta que es distinta según la temperatura a la que se los mantenga. Por ejemplo, existen materiales cuya resistencia eléctrica depende de la temperatura. Si recordamos que la radiación infrarroja es aquella que cuando es absorbida hace que aumente la temperatura (el efecto invernadero), podremos comprender fácilmente que el material que recibió la influencia de la radiación que se hizo pasar por la celda que contenía monóxido de carbono, tendrá una temperatura menor y, por consiguiente, poscerá una menor resistencia que aquel en el que influyó la radiación IR que atravesó la celda de referencia.

Resulta fácil transformar esta distinta resistencia en un voltaje proporcional a la concentración de monóxido de carbono presente en el aire muestreado.

La medición basada en la absorción de la radiación IR no es particularmente sensible, pero esto no tiene demasiada importancia en el caso del monóxido de carbono, para el cual los niveles peligrosos son, cuando

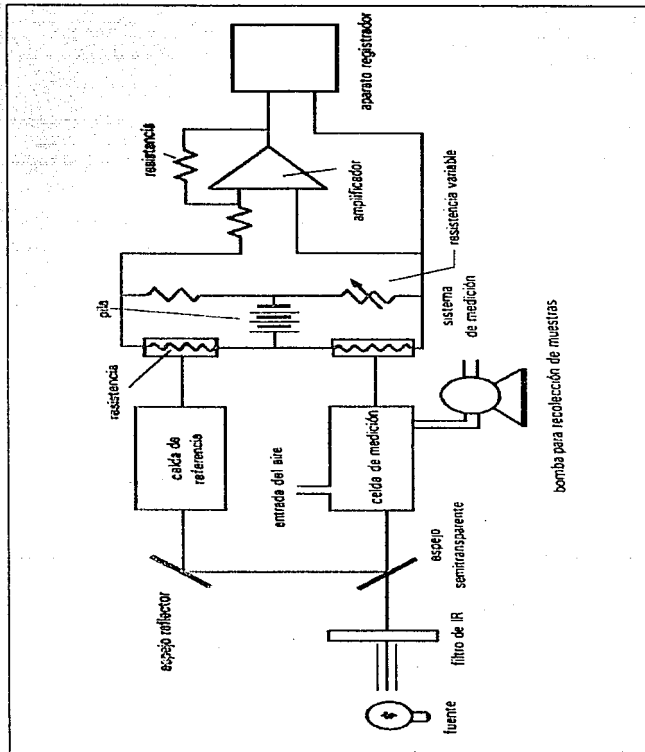


FIG. V.A.- ESQUEMA DEL ANALIZADOR DE MONOXIDO DE CARBONO POR IR

menos, 10 veces superiores a los otros contaminantes, como el bióxido de azufre o los óxidos de nitrógeno. Para otras sustancias el método de los infrarrojos no posee la suficiente sensibilidad; por ejemplo, se utiliza para medir la concentración de SO_2 ; naturalmente con una diferente longitud de onda de la radiación, sólo cuando la concentración es muy elevada, como en los gases a la salida de una chimenea.

La medición del monóxido de carbono por el método de los IR puede resultar falseada a causa de moléculas que absorban la radiación, aun cuando no sea más que parcialmente, tales como las del vapor de agua, los hidrocarburos o el material particulado. No obstante, todas estas sustancias pueden ser fácilmente eliminadas del aire antes de que éste entre a la celda de medición; el agua, por ejemplo, se puede bloquear mediante sustancias deshidratantes que tienen avidez por ella; los hidrocarburos se pueden atrapar en tubos que se mantengan a una temperatura muy baja (-80°C); y el particulado se elimina mediante filtros adecuados.

V.1.2.- LA MEDICION DEL BIOXIDO DE AZUFRE. ANALISIS POR FLUORESCENCIA.

Se dice que los átomos de cuya unión nacen las moléculas se puede considerar que están formados por un núcleo central consistente en cargas positivas y partículas neutras, así como por electrones de masa mucho más pequeña, distribuidos en órbitas situadas a diversas distancias del núcleo. Estas órbitas representan igualmente distintos niveles de energía, en el sentido de que para pasar de una órbita a otra los electrones tienen que absorber o ceder energía. Esta energía puede darse en forma de luz, pero la longitud de onda de dicha luz queda exactamente determinada por la diferencia entre las energías de la órbita de salida y la de llegada. En el caso de la molécula de dióxido de azufre esta diferencia es tal, que la luz debe estar en la zona de la radiación ultravioleta. El electrón que absorbe esta luz, se pasa a una órbita con mayor energía, pero ésta es una órbita incómoda y el electrón sólo puede permanecer en ella durante un tiempo muy breve, inferior a una millonésima de segundo. En consecuencia, aquél regresa rápidamente al nivel de partida y, al hacerlo, restituye la energía que había tomado; existen diversos modos de restituir energía, pero uno de ellos consiste en emitir luz. Esta luz sale en todas direcciones y, en tanto que su longitud de onda es característica de la molécula en cuestión, su

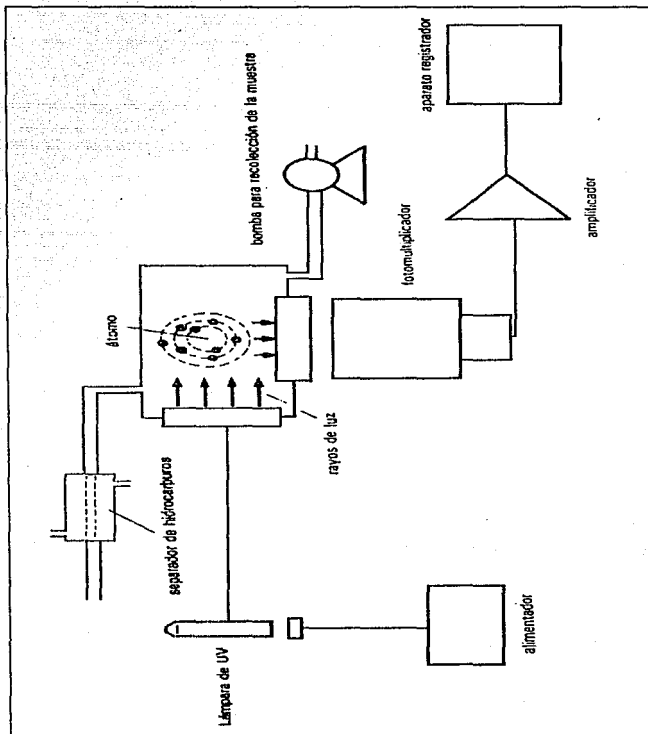


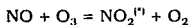
FIG. V.5.- ESQUEMA DEL ANALIZADOR DE BIOXIDO DE AZUFRE POR FLUORESCENCIA (UV=ULTRAVIOLETA)

intensidad es proporcional a la concentración, es decir, al número de moléculas presentes en un cierto volumen. Por consiguiente, si logramos, medir esta luz podremos determinar la concentración de la sustancia. Por lo general, la medición se efectúa a un ángulo de 90° (esto es, la luz emitida se mide en la dirección perpendicular a la luz que induce el fenómeno) con objeto de que no nos estorbe la luz que se utiliza para la excitación, y el elemento sensible está constituido por un **fotomultiplicador**, es decir, un dispositivo capaz de emitir una corriente eléctrica cuando incide sobre él un rayo de luz de la longitud de onda apropiada.

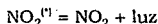
El método que se acaba de describir toma el nombre de análisis por **fluorescencia** y se trata de un método muy sensible. En el caso del SO_2 se puede alcanzar un nivel de detectabilidad de 1 ppb, que equivale a $2.6 \mu\text{g}$ por cm^3 , lo cual significa que se pueden medir 10 ppb con razonable precisión. La interferencia de los hidrocarburos se puede eliminar haciendo pasar el aire por una membrana permeable sólo a ellos.

V.1.3.- LA MEDICION DE LOS OXIDOS DE NITROGENO Y DEL OZONO. LA QUIMIOLUMINISCENCIA.

Para medir la concentración de óxido nítrico podemos aprovechar una reacción, y es la que ocurre entre este óxido y el ozono:



el asterisco que está entre paréntesis indica que algunas de las moléculas del bióxido de nitrógeno que se producen en esta reacción poseen mayor energía que las otras, o, según se dice, se hallan en estado de excitación. A partir de este estado, las moléculas pasan a otro más estable, de más baja energía; para liberarse de la energía excesiva la emiten en forma de luz de longitud de onda entre los 600 y los 850 nm, es decir, entre el rojo y el infrarrojo. Podemos representar este fenómeno escribiendo:

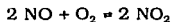


la intensidad de la luz emitida es proporcional al producto de las concentraciones del óxido nítrico y del ozono. No obstante, si una de estas dos sustancias, por ejemplo el ozono, se encuentra presente en cantidades mucho

mayores que la otra, su concentración prácticamente no varía durante la reacción, y la intensidad de la luz depende únicamente de la concentración de la otra sustancia reactiva, es decir, del NO.

En los instrumentos para la medición del óxido nítrico, el excedente de ozono se crea irradiando el aire con luz ultravioleta. Esta, como sabemos, escinde el oxígeno molecular en átomos, los cuales a continuación forman ozono al reaccionar con otras moléculas de oxígeno.

El fenómeno que se ha descrito se llama **quimioluminiscencia**, que significa simplemente emisiones de luz a consecuencia de una reacción química. Tal como se ha descrito, el método mide únicamente la fracción de NO_x que están presentes como NO, puesto que es éste el que reacciona con el ozono. Sin embargo, si hacemos pasar el aire contaminado por un catalizador constituido por óxidos metálicos -como por ejemplo óxidos de tungsteno- que se mantengan a alta temperatura, todo el óxido de nitrógeno se escindirán en NO y oxígeno conforme a la siguiente reacción:



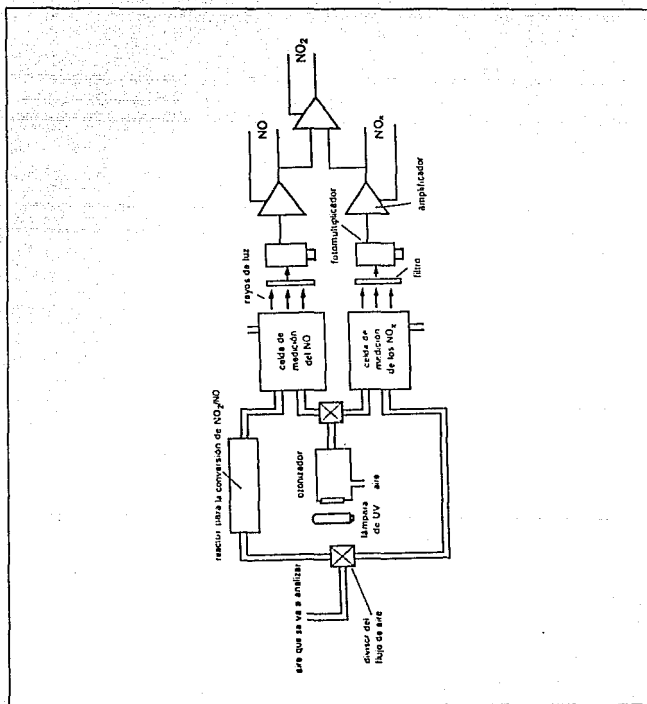


FIG. V.6.- ESQUEMA DEL ANALIZADOR DE OXIDOS DE NITROGENO POR QUIMIOLUMINISCENCIA (UV=ULTRAVIOLETA)

cuyo equilibrio a causa de la elevada temperatura, se ha desplazado ahora completamente hacia la izquierda. Si en este momento hacemos pasar nuestro aire por el instrumento de medición, todos los óxidos de nitrógeno presentes inicialmente serán medidos como NO. Y entonces, por diferencia con la medición anterior, podremos conocer la concentración del dióxido de nitrógeno. Las dos mediciones se pueden llevar a cabo simultáneamente dividiendo el flujo de aire en dos partes, de las cuales sólo una se hace pasar por el catalizador. Los dos flujos se mandan a distintas cámaras de reacción que estén provistas, de un sistema para la medición de la radiación que se emite por quimioluminiscencia. La resta entre las señales de los dos fotomultiplicadores, que es proporcional a la concentración de dióxido de nitrógeno, se puede efectuar electrónicamente.

El límite de detectabilidad de este método es de 2 ppb. Con ligeras modificaciones, el método se puede utilizar para la medición de derivados del nitrógeno como el amoníaco ó la nitrosamina, previa transformación química en NO. El fenómeno de la quimioluminiscencia se emplea igualmente para medir la cantidad de ozono del aire; en este caso la reacción química que se explota es la que ocurre entre el ozono y el etileno.

V.1.4.- LA DETERMINACION DE LOS HIDROCARBUROS. LA IONIZACION A LA FLAMA.

Imagínemos una pequeña flama, que se obtiene quemando el hidrógeno excedente del aire. La flama es una fuente de energía. La energía de una flama como la que estamos considerando es suficiente para escindir las moléculas en átomos, pero no para arrebatárles a estos átomos un electrón, a manera de crear partículas cargadas eléctricamente. La situación es distinta si se hace llegar a esta flama un aire que contenga hidrocarburos como contaminantes. Se ha visto que los hidrocarburos al quemarse, dan como productos finales agua y bióxido de carbono; pero ésta es sólo la etapa de llegada. Para alcanzar este resultado final es preciso pasar muchas fases intermedias, en las cuales se forman radicales, como el CH_3 . Recordemos que los radicales son moléculas que tienen electrones no acoplados, y estos electrones se pueden arrancar con relativa facilidad. De esta manera se crean entidades con cargas eléctricas positivas y negativas; si ahora encerramos la flama entre dos laminillas metálicas a través de las cuales se mantenga una tensión eléctrica, las cargas de la flama serán recogidas por las propias laminillas.

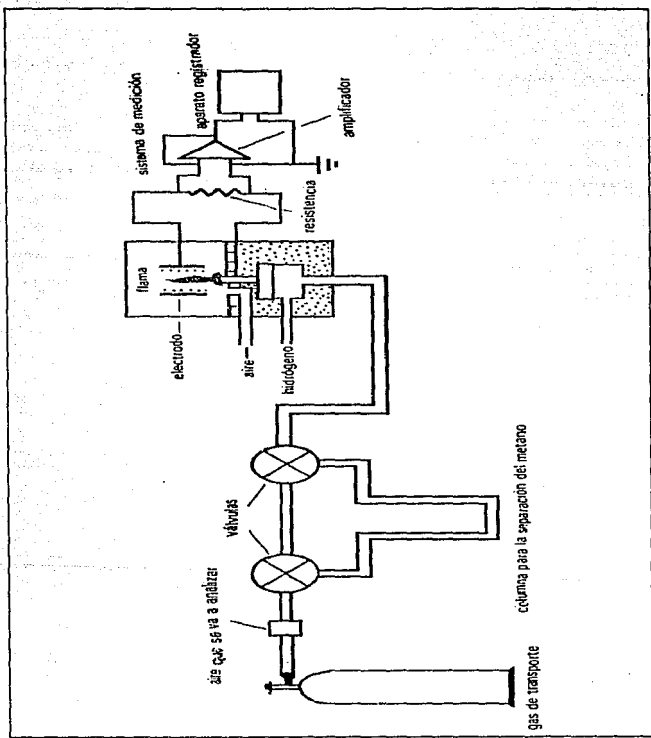


FIG. V.7. ESQUEMA DEL ANALIZADOR DE HIDROCARBUROS POR IONIZACION A LA FLAMA

Si las dos láminas, que se llaman electrodos, se colocan en corto circuito, es decir, si se las une externamente mediante un alambre metálico, circulará por éste una corriente eléctrica que será proporcional al número de cargas de la flama y, por ende, a la concentración de hidrocarburos. A este método se lo ha denominado de ionización a la flama; de hecho, ionización es la palabra con la que indicamos la pérdida de un electrón por parte de una sustancia química.

Claro está que todos los hidrocarburos sufren este fenómeno; por consiguiente, lo único que podremos medir será la concentración global de la totalidad de los hidrocarburos que estén presentes en el aire. Para distinguir entre sí a los diversos hidrocarburos, se puede hacer pasar el aire a través de una columna de vidrio llena de algún material inerte y finamente molido -con menos de un milímetro de diámetro-, recubierto por una película muy sutil -de una milésima de milímetro- de alguna sustancia orgánica apropiada. En este caso, el aire que se debe examinar se inyecta a la entrada de la columna y es arrastrado a través de ella mediante el flujo de un gas inerte, que puede ser helio, por ejemplo. Dentro de la columna, los hidrocarburos presentes en el aire se desplazan a velocidades que difieren según la sustancia de que se trate (porque poseen diversas solubilidades), en la sustancia que recubre las partículas, y por esta razón

van saliendo de uno en uno. Si el tiempo que transcurre entre la salida de un hidrocarburo y el siguiente es mayor que el necesario para que los electrodos registren la presencia del hidrocarburo y para que la corriente regrese a cero, podremos medir por separado todos los hidrocarburos.

A esta técnica de separación se la denominó **cromatografía**, del griego cromatos, que significa "color"; de hecho, al principio se la usaba para separar sustancias coloreadas; se trata de una técnica muy poderosa y, en sus formas más complejas, permite separar, identificar y medir decenas de hidrocarburos que se encuentran presentes simultáneamente.

En los análisis normales de rutina solamente se separa el metano de los demás hidrocarburos y la correspondiente al metano, se llama "contenido de hidrocarburos, excepto metano" y es a ella a la que se refiere la legislación que fija el límite de los hidrocarburos permisibles en un área.

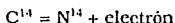
El límite de detectabilidad de un analizador de hidrocarburos por ionización a la flama es de aproximadamente 10 μg por m^3 .

V.1.5.- LA MEDICION DEL PARTICULADO.

Para medir la concentración del particulado atmosférico se hace pasar un cierto volumen de aire a través de un filtro de acetato de celulosa que posea una determinada porosidad. Se pueden usar filtros con poros de distintas dimensiones; por ejemplo, de 0.45 o de 0.8 μm . El aire atraviesa estos filtros, mientras que las partículas con dimensiones mayores o aproximadamente iguales a las de los poros del filtro se ven bloqueadas y permanecen en la superficie. Decimos dimensiones aproximadamente iguales porque, a causa de diversos mecanismos, quedan retenidas incluso moléculas con un diámetro un poco inferior al de los poros. Después de haber hecho pasar un volumen de aire conocido, el filtro se puede pesar en una balanza muy sensible y, si éste se había pesado previamente, la variación de peso da directamente la cantidad de particulado presente en el volumen de aire que ha pasado. Naturalmente, que hay que cerciorarse de que la humedad del aire no vaya a falsear los resultados, pero esto se puede remediar fácilmente secando el filtro en una estufa, antes y después de obtener la muestra del particulado.

Otro de los métodos para medir la concentración del particulado es el que consiste en medir la atenuación que sufre un haz de rayos beta emitidos

por una fuente radiactiva al pasar a través del filtro sobre el cual se ha depositado el particulado. Como hemos visto al hablar de la radiactividad, los rayos beta no son más que electrones emitidos por el núcleo de un átomo. Dijimos también que cuando el núcleo de un átomo emite un electrón, se transforma en otro; por ejemplo, el carbono se transforma en nitrógeno:



De hecho, el carbono-14 es precisamente la fuente de radiación que se utiliza en estos medidores. Cuando los electrones pasan a través del filtro sobre el cual se halla depositado el particulado, son parcialmente absorbidos y, en consecuencia, la intensidad del flujo de electrones, medida con un aparato en particular (el contador Geiger), es menor que aquella que se tiene cuando la radiación beta pasa por una zona del filtro en la cual no se haya depositado particulado. A partir de la relación entre las dos intensidades se puede determinar cuál es la cantidad de particulado que está presente en el filtro.

Este método no siempre da resultados que coincidan perfectamente con los que se obtienen en el método por peso. Naturalmente, con ambos métodos únicamente podemos medir la cantidad total del particulado; ahora bien,

como hemos visto anteriormente, éste está constituido por partículas de diversas dimensiones, y las más pequeñas son las más nocivas para la salud, porque penetran más profundamente en las vías respiratorias. De todos modos, existen aparatos capaces de fraccionar el particulado conforme a las diversas dimensiones.

Los filtros que se han descrito permiten también recoger hidrocarburos polinucleares, que después se analizan en el laboratorio. En este caso es necesario poner particular atención, con el fin de evitar que durante la propia recolección, o el traslado al laboratorio, ocurran transformaciones y descomposiciones en la muestra, que falsearían los resultados.

V.2.- EQUIPO DE EVALUACION DE LOS CONTAMINANTES.

V.2.1.- CONTROL DE PARTICULAS

Los tipos de colectores de polvos que pueden instalarse para separar y colectar las partículas contenidas en las emisiones industriales se clasifican como sigue:

COLECTORES CENTRIFUGOS.

Son los que provocan la separación de las partículas mediante fuerzas centrífugas que promueven su precipitación.

COLECTORES DE POLVO POR FILTRACION.

Son equipos donde la separación de las partículas ocurre al hacer pasar la emisión a través de un medio filtrante.

COLECTORES GRAVITACIONALES.

Son cámaras donde se propicia la disminución de la velocidad de los gases de emisión, lo cual permite la separación y colección de las partículas a través de su sedimentación por gravedad.

SCRUBBERS (Lavadores de gases).

Son equipos que permiten que la corriente gaseosa sucia se colapse o tenga contacto con gotas de agua o de otros fluidos, removiendo de esta forma las partículas para su posterior separación.

COLECTORES INERCIALES.

Son los que provocan que la corriente gaseosa se colapse contra placas deflectoras, ocasionando cambios bruscos de la dirección del flujo de gas que permiten la separación y colección de las partículas por medio de fuerzas inerciales.

PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS.

La separación y colección de las partículas ocurre mediante la aplicación de una fuerza electrostática, que ocasiona la migración de las partículas cargadas electrostáticamente hacia placas de carga contraria. Otros colectores de este tipo se usan para condensar y aglomerar partículas finas con el uso de fuerzas electrostáticas de cohesión.

La selección de estos equipos debe realizarse tomando como base una cuidadosa caracterización de las emisiones de cada instalación en particular (considerando entre otros aspectos el volumen y la velocidad de la corriente gaseosa y su concentración de partículas) así como del tipo de proceso donde se requiera su aplicación.

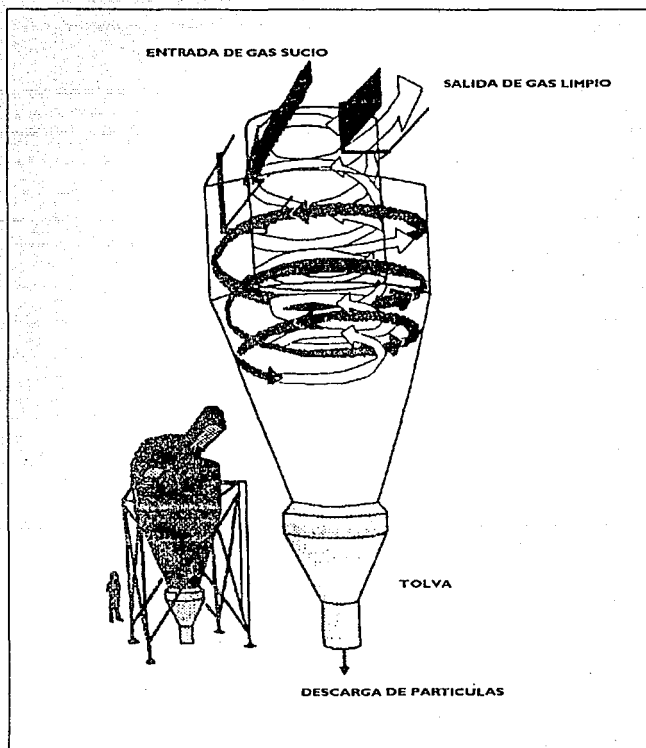


FIG. V.B.- SEPARADOR CICLONICO CONVENCIONAL

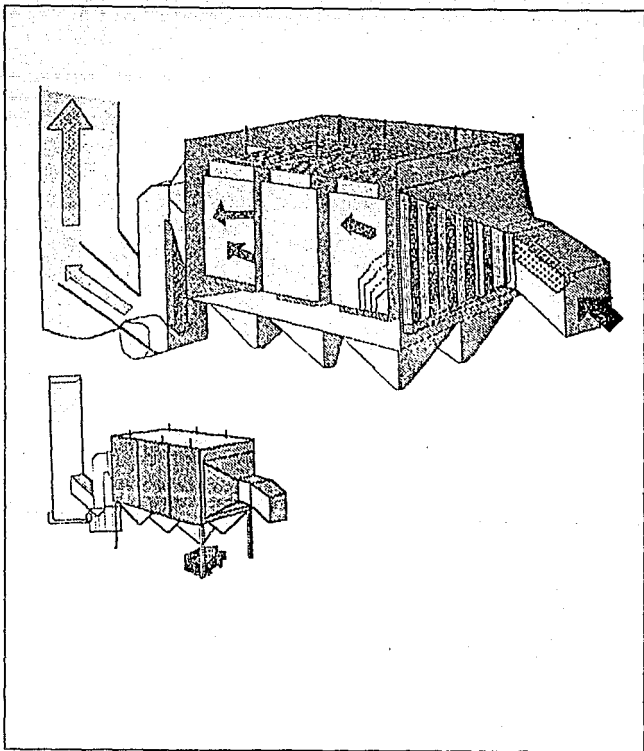


FIG. V.9.- PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

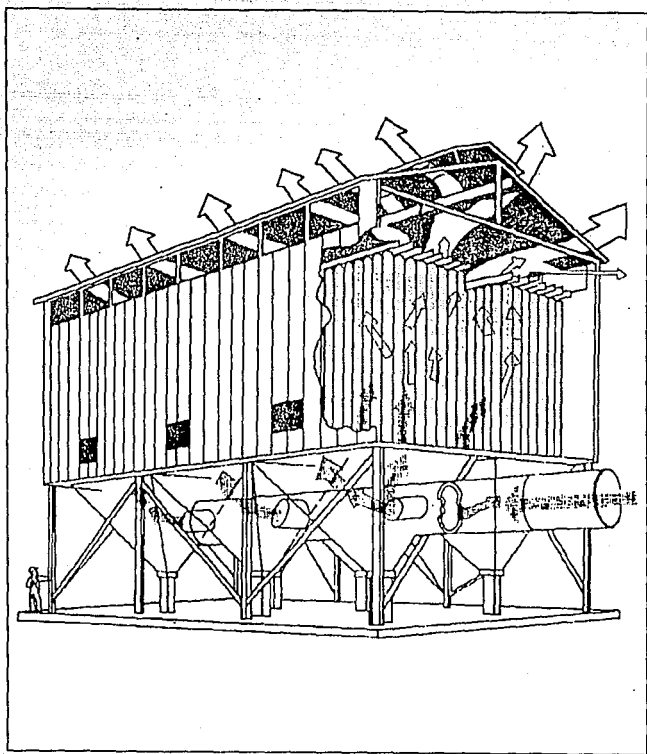


FIG. V.10.- FILTRO DE MANGAS (BAG HOUSE)

En ocasiones, la mejor solución para controlar las emisiones de partículas consiste en una combinación, de diferentes equipos que permitan alcanzar una eficiencia global de reducción óptima.

V.2.2.- CONTROL DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES.

La reducción de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles requiere de una estrategia combinada de prevención y control. Es posible reducir la magnitud de las emisiones de estos compuestos, su toxicidad y su efecto sobre la formación de ozono mediante la racionalización de su consumo y la reformulación o sustitución de solventes.

Se requiere además, la implantación en la industria de prácticas adecuadas de manejo, almacenamiento, transporte y aplicación de estos compuestos para evitar su evaporación y liberación incontrolada a la atmósfera. Por otra parte existe la tecnología que permite el control de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Los sistemas disponibles incluyen incineradores u otros sistemas de combustión que destruyen dichos compuestos, así como equipos que permiten su remoción y eventual recuperación con fines de reuso.

METODO DE INCINERACION.

Permite una reducción mayor al 99%, con un sistema muy simple donde la corriente gaseosa que contiene los compuestos orgánicos volátiles es conducida a un incinerador especial para este fin, o bien, a los sistemas de combustión de la planta como parte del aire de combustión. Este método es de un alto costo de operación pero tiene un costo de mantenimiento nulo. Se recomienda su uso cuando se tiene un bajo volumen de aire y una alta concentración de compuestos orgánicos volátiles.

METODO DE COMBUSTION CATALITICA.

Tiene una eficiencia superior al 99%, requiere de un catalizador que funciona a una temperatura de 350 grados centígrados, cuyos costos de operación y mantenimiento son altos.

METODO DE ADSORCION.

Tiene una eficiencia mayor al 99%, y se basa principalmente en el uso de carbón activado como medio adsorbente. Cuando este medio se satura la eficiencia decrece, por lo que es necesario realizar el mantenimiento

periódico de las unidades de adsorción mediante la recuperación de los compuestos orgánicos volátiles captados. Este método es útil para grandes corrientes gaseosas y bajas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles y bajas temperaturas de la emisión.

METODO DE LAVADO.

Tiene una eficiencia de alrededor del 50%, pero es muy efectivo para el control de nieblas. Debido a que el lavado se realiza con agua, se requiere un tratamiento posterior. El método de lavado es útil cuando se tienen grandes volúmenes de gas y altas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles.

METODO DE CONDENSACION.

Requiere de un sistema de enfriamiento que permita la remoción de los condensados. Es útil cuando se tienen bajos volúmenes de emisión y bajas temperaturas.

V.2.3.- CONTROL DE OXIDOS DE NITROGENO.

Los óxidos de nitrógeno provienen principalmente de combustión, donde el nitrógeno del aire empleado para la atomización y quema del combustible se oxida en una reacción favorecida por altas temperaturas. Asimismo, la oxidación del nitrógeno fijo contenido en el combustible genera cantidades adicionales de dicho contaminante. La tecnología disponible incluye desde el uso de combustibles con bajo contenido de azufre, el control y la modificación de los procesos de combustión, hasta el tratamiento de los gases de combustión en la chimenea.

El primer enfoque tiene un carácter preventivo y su aplicación permite una reducción significativa (alrededor de un 50%) en la generación de NO_x . Las técnicas de prevención más comunes promueven la utilización de quemadores de baja emisión de óxidos de nitrógeno, combustión en dos etapas, recirculación de gases de combustión y, en algunos casos, la distribución estratégica de los quemadores. Los quemadores de baja generación de óxidos de nitrógeno permiten una combustión con poco oxígeno y reducen el tiempo de retención de los gases en la cámara de combustión.

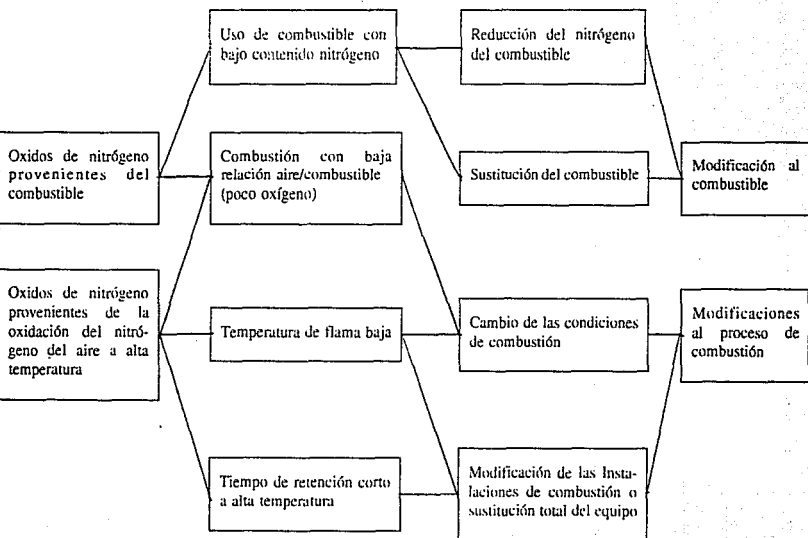
ABATIMIENTO DE LOS OXIDOS DE NITROGENO

Origen de los
óxidos de nitrógeno

Principios de
Reducción

Método de
Reducción

Tipo de
Modificación



La combustión en dos etapas es una opción tecnológica que permite la liberación del nitrógeno en su forma original. En la primera etapa, el combustible se quema con una cantidad deficiente de aire para prevenir la formación de los óxidos de nitrógeno, mientras que en la segunda etapa, se realiza la recirculación de los gases de combustión para completar el proceso. El resultado neto es un abatimiento significativo de este contaminante.

Por lo general todas estas técnicas, o al menos algunas de ellas, se aplican en forma conjunta para lograr reducciones importantes. Para el control de las emisiones en la chimenea, la tecnología disponible incluye procesos de reducción catalítica selectiva y no selectiva. En otros procesos de tratamiento químico es posible reducir simultáneamente las emisiones de óxidos de nitrógeno y de dióxido de azufre.

Las eficiencias de remoción de los equipos y procedimientos de control antes descritos son de casi el 90%.

En México, se deberá proceder al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno derivadas de la combustión de gasóleo industrial, diesel y gas licuado de petróleo y gas natural.

Estudios realizados en industrias de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, entre las que se incluyen vidrieras, cementeras, papeleras, fabricantes de jabones y detergentes, cerveceras, químicas y termoeléctricas, muestran que en gran medida los procesos de combustión se operan en forma deficiente y con problemas de exceso de aire no controlado, lo cual da lugar a una alta emisión de óxidos de nitrógeno.

CONTROL DE EMISIONES DE OXIDOS DE NITROGENO

Procesos consecutivos

Reducción catalítica no selectiva de óxidos de nitrógeno con metano, monóxido de carbono o hidrógeno

(NSCR)

Adsorción de dióxido de azufre a óxido de cobre formando sulfato de cobre con el cual se realiza una reducción catalítica de los óxidos de nitrógeno con amoníaco a nitrógeno

(SFGT)

Reducción selectiva no catalítica de los óxidos de nitrógeno con amoníaco a temperaturas a 800 grados centígrados

(SNCR)

Reducción selectiva catalítica de óxidos de nitrógeno con amoníaco

(SCR)

Procesos simultáneos

Formación de complejos de óxido de nitrógeno en una solución de carbonato de sodio. Simultáneamente absorción de dióxido de nitrógeno, reducción del complejo de óxido de nitrógeno y del nitrato con sulfitos a nitrógeno

Oxidación de óxido de nitrógeno con O_3 o dióxido de cloro a dióxido de nitrógeno, el cual se absorbe con dióxido de azufre en solución alcalina. Después, reducción del nitrato con sulfito a nitrógeno

Oxidación del monóxido de nitrógeno con ozono a dióxido de nitrógeno, que se absorbe con dióxido de azufre en una solución de amoníaco, oxidación del sulfito y dióxido de nitrógeno con aire para formar sulfatos y nitratos

Adsorción de óxidos de nitrógeno u dióxido de azufre en carbón activado, reducción de los óxidos de nitrógeno con amoníaco a nitrógeno, oxidación del dióxido de azufre con oxígeno a sulfito para formar con vapor de agua en carbón activado ácido sulfhídrico

CAPITULO VI

**ACCIONES INTEGRALES PARA
CONTROLAR LA CONTAMINACION**

VI.- ACCIONES INTEGRALES PARA CONTROLAR LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Como resultado del conocimiento obtenido sobre las principales causas y procesos que influyen en la problemática de la contaminación atmosférica, en los niveles sectorial e interinstitucional se han emprendido diversas acciones con el propósito de prevenir y controlar el deterioro de la calidad del aire. Entre éstas se puede citar:

INDUSTRIA PETROLERA.

1.- Elaboración de gasolina de calidad ecológica Internacional.

Producción y distribución de gasolina sin plomo "Magna Sin", para todos los automotores que desde 1991 incluyen convertidor catalítico. Se contempla además, la ejecución de proyectos de inversión que permitirán incrementar la capacidad de elaboración de gasolina sin plomo. Los proyectos que integran esta medida son los siguientes:

- Modificación a un proceso de regeneración continua del proceso semi-regenerativo de las plantas reformadoras de naftas de las Refinerías de Tula, Cadereyta, Salamanca y Minatitlán.

- Ampliación de la planta reformadora de naftas de la refinería de Ciudad Madero y su conversión a regeneración continua.
- Modificación del proceso de reacción combinando a proceso de regeneración continua en las refinerías de Tula y Ciudad Madero.
- Isomerización de pentanos y hexanos, mediante la instalación de tres plantas en Cangrejera, Minatitlán y Cadereyta.

La reconversión de las reformadoras de naftas del proceso semiregenerativo al de regeneración continua contribuirá al aumento del índice de octano de las gasolinas reduciendo la adición del tetraetilo de plomo. Además, dicha reconversión facilitará disponer de una gasolina adecuada para ser utilizada en vehículos equipados con convertidores catalíticos de tres vías y, adicionalmente, cumplir con los requerimientos de motores de combustión interna más eficientes.

Por su parte, el proyecto de isomerización de pentanos y de hexanos tiene como objetivo la obtención de compuestos de baja reactividad fotoquímica que contribuyan al aumento del índice de octano. Se contempla la instalación de tres plantas: la primera de ellas producirá una corriente rica de pentanos y será construida como parte de las instalaciones del Complejo Petroquímico de la Cangrejera; las otras dos plantas entregarán corrientes

ricas de hexanos y se construirán para formar parte de las instalaciones productivas de las refinerías de Minatitlán y Cadereyta, respectivamente.

La inversión global requerida para la ejecución de estas obras es de 445 millones de dólares, que incluyen lo concerniente a la producción de compuestos oxigenados y metanol que se mencionan en la acción número 4.

Estos proyectos son los que mayor efecto positivo tienen sobre la calidad del aire, pues permiten eliminar progresivamente el plomo y contribuyen a reducir -vía la introducción de convertidores catalíticos en vehículos- emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. A medida en que se vaya renovando la planta vehicular, se irán abatiendo más emisiones contaminantes.

Los estudios de factibilidad de los proyectos relacionados con esta medida fueron preparados y negociados con el EXIMBANK del Japón y el Banco Mundial para la obtención de los financiamientos necesarios para su ejecución. Adicionalmente, desde 1988 y con un costo de 345 millones de dólares, provenientes del presupuesto de PEMEX, se vienen realizando adecuaciones en las plantas existentes para incrementar el índice de octano de las gasolinas.

Por otra parte, se construyeron dos conjuntos de plantas hidrodesulfuradoras y reformadoras de naftas con una capacidad de producción de 25,500 BPD cada una.

2.- Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre.

Este proyecto consiste en instalar cuatro plantas hidrodesulfuradoras en las refinerías de Cadereyta, Ciudad Madero, Salamanca y Tula, con el fin de obtener diesel con bajo contenido de azufre. Con esta medida se reducirá el contenido de azufre del 0.5% actual, a solamente el 0.1%. Es decir, permitirá reducir en 80% el azufre contenido en el diesel, con lo que se disminuirán las emisiones de partículas y bióxido de azufre a la atmósfera.

Se estima que la construcción de las plantas que integran este proyecto concluirá en 1993. Las inversiones para el proyecto de hidrodesulfuración de diesel suman 224 millones de dólares, provenientes de un crédito del Fondo de Cooperación Económica de Ultramar (OECF) de Japón.

3.- Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre.

Más de la mitad del combustóleo que se consume en la ZMCM contiene un promedio de 4% de azufre. Con la ejecución de esta acción, dicho contenido se reducirá a solamente 0.8%, una disminución de más del 80% en relación con el contenido actual.

Para ello, se contempla la construcción de un complejo en la refinería de Tula que incluye plantas de hidrot ratamiento de residuales, generación de hidrógeno, fraccionamiento, recuperación de ligeros, endulzamiento de gas y recuperación de azufre. Se estima que el tiempo de construcción del complejo será de 48 meses, a partir del inicio de los trabajos en marzo de 1991. Las inversiones que demanda esta medida ascienden a 483 millones de dólares.

El complejo hidrodesulfurador permitirá mejorar la calidad del combustóleo. Se estima que las emisiones de dióxido de azufre en la ZMCM disminuirán en 54.4% respecto a las que se generan por el concepto de la quema de este combustible. Así esta medida ayudará a reducir las emisiones de contaminantes de todas las industrias y servicios que lo utilizan.

4.- Elaboración de compuestos oxigenados de TAME y MTBE.

Esta acción comprende la instalación de plantas para la obtención de éter metil terbutílico (MTBE) y éter ter-amil metílico (TAME). Asimismo, se construirá una planta para producir metanol para su uso como materia prima en la producción de dichos compuestos. La adición de MTBE y el TAME tiene el fin de optimizar la combustión y elevar el índice de octano de las gasolinas.

El proyecto comprende la construcción de seis plantas. Una de ellas producirá metanol, ya sea como parte de la refinería de Tula o bien del Complejo Petroquímico Independencia. Otras tres producirán MTBE y pertenecerán a la refinería de Salamanca, a la de Tula y al Complejo Petroquímico Morelos, respectivamente. Las dos plantas restantes elaborarán TAME, una pertenecerá a la refinería de Salina Cruz y la otra formará parte de la de Cadereyta. Se prevé que el tiempo de construcción de las seis plantas para la producción de MTBE, TAME y metanol será en conjunto de treinta y seis meses. Las inversiones se iniciaron en junio de 1991. El costo de este paquete de proyectos está considerado en el monto total de la acción número uno.

5.- Suministro de gasolina sin plomo para los vehículos 1991 y con convertidor catalítico.

El Gobierno Federal y la Industria Automotriz acordaron en 1986 la instalación de convertidores catalíticos a partir de 1991. Con este acuerdo México se ha colocado a la vanguardia de los países en vías de desarrollo, en el uso de tecnologías para el control de la contaminación vehicular. Mientras en los Estados Unidos se empezaron a instalar irregularmente a partir de 1975 y en Europa sólo a partir de 1987.

Los convertidores catalíticos son capaces de reducir hasta en un 90% las emisiones contaminantes del escape, por lo que se han constituido en la solución técnica más avanzada para el control de las emisiones provenientes de autos a gasolina o gas LP. Sin embargo, para su adecuada operación, el auto debe usar gasolina sin plomo, en virtud de que éste elemento "envenena" al convertidor catalítico impidiendo la transformación química de los contaminantes.

Por tal motivo, PEMEX programó la introducción de la gasolina MAGNA SIN, la cual posee un contenido de plomo inferior a los 0.01 g por galón y posee un índice de octano de 92 (equivalente a un índice de octano de 87

determinado con el nuevo procedimiento aprobado (RON+MON/2)), de 7 a 9.5 libras de presión de vapor, un aditivo dispersante detergente y color verde.

La distribución de esta gasolina está garantizada a nivel nacional de manera que al menos cada 150 km exista una estación de servicio que la expendan en cantidades suficientes. El consumo de la gasolina MAGNA SIN irá en aumento en la medida en que la planta vehicular se renueve. Por ello, esta acción se verá reforzada con la construcción de plantas reformadoras y de compuestos oxigenados, con el fin de satisfacer las futuras demandas de gasolina sin plomo. Se estima que para 1994 el 49% de la gasolina consumida en la ZMCM será sin plomo.

6.- Continuación del suministro de gasolina oxigenada con MTBE.

En la ZMCM los procesos de combustión a gasolina no se realizan en condiciones óptimas debido, entre otros factores, a que la concentración de oxígeno en el aire es aproximadamente 23% menor que a nivel del mar. Esto se traduce principalmente en una mayor emisión de CO y HC.

Por tal razón, el 20 de noviembre de 1989 se introdujeron gasolinas adicionadas con MTBE, el cual es un compuesto que compensa el déficit de oxígeno atmosférico y, en consecuencia, contribuye a aumentar la eficiencia de combustión. Además, incrementa el índice de octano.

Las emisiones de mezclas de gasolinas con 5% de MTBE son en promedio menores en 15% en CO y 12% en HC, comparadas con las gasolinas normales. El suministro de gasolinas con MTBE continuará debido a los impactos positivos que se han observado durante este periodo.

7.- Recuperación del azufre en la Refinería 18 de Marzo.

Esta acción contemplaba la modernización de la planta recuperadora del azufre contenido en los gases provenientes de la planta catalítica de la refinería de Azcapotzalco, en el Distrito Federal, y la instalación de una segunda planta del mismo tipo. Su objetivo era ampliar la eficiencia del proceso de recuperación de dicho elemento para reducir las emisiones de la refinería de Azcapotzalco a la atmósfera de la ZMCM. Esta y las siguientes dos acciones no se realizaron debido al cierre de operación de la Refinería 18 de Marzo ordenada por el Presidente de la República con motivo del 53° Aniversario de la Expropiación Petrolera (1991).

8.- Recuperación de Vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo.

Esta acción consistía en la instalación de una planta recuperadora de hidrocarburos así como en la instalación y prueba de un quemador de bajo NO_x en un equipo de combustión.

9.- Instalación de Medidores continuos de emisiones en chimeneas de la Refinería 18 de Marzo.

Las emisiones de la Refinería 18 de Marzo eran muy diversas, por lo que era necesario monitorearlos periódicamente. Esta información permitía adoptar medidas inmediatas para el control de emisiones contaminantes.

10.- Instalación de membranas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles.

Establecimiento del programa para controlar las emisiones evaporativas en tanques de almacenamiento y autotanques de PEMEX. Mediante la incorporación de membranas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles, se ha logrado la reducción de 7 ton/día de emisiones evaporativas y se estima que cuando se concluyan las obras habrá una

reducción total de 20 ton/día.

11.- Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolineras.

En el manejo de la gasolina se desprenden vapores, que contribuyen a la formación de ozono. Además, algunos de estos vapores pueden ser tóxicos. La emisión de vapores se produce principalmente durante la carga y descarga de combustibles en las terminales de recibo y distribución, así como en las gasolineras. Las pérdidas de vapores en las instalaciones de gasolinas en el momento de carga del combustible se controlan mediante la recuperación de los vapores provenientes del tanque de almacenamiento.

Con relación a la medida en las terminales de recibo y distribución de Petróleos Mexicanos, se cuenta con un 80% de avance en la modificación de instalaciones para el llenado de autotanques por la parte inferior, con lo que disminuye la emisión de vapores de hidrocarburos. Esta acción tiene un costo de un millón de dólares.

En relación a las gasolineras, se están concluyendo los proyectos de ingeniería, para instalar los sistemas de recuperación de vapores, ya que

se estima se evapora más del 5% del combustible almacenado y servido en la ZMCM. La captación de los vapores generados al vertir la gasolina en el tanque del vehículo se efectúa mediante una boquilla de aspiración instalada en la salida del surtidor, con una eficiencia de hasta el 95%.

TRANSPORTE.

12.- Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, desde el modelo 1991.

Todos los vehículos a gasolina desde el modelo 1991 cuentan, por primera vez en México, con convertidores catalíticos, los cuales reducen más del 80% las emisiones de escape de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

13.- Ampliación del Metro.

El objetivo principal del Programa Integral en materia de transporte es el de otorgar mayor peso al transporte colectivo que al individual, dando preferencia a los modos que puedan trasladar grandes volúmenes de personas, al menor costo para la sociedad y con la menor contaminación

atmosférica por viaje posible.

El Metro es la alternativa de transporte ideal para cumplir estos objetivos, por lo cual se continuará su expansión hacia las zonas más pobladas de la ZMCM, rebasando los límites del Distrito Federal, para llegar a los Municipios conurbados del Estado de México, al oriente de la Ciudad. Para ello, se construirán 34 km más de líneas del Metro, empezando por la línea Pantitlán a Los Reyes-La Paz, que ya está concluida. Posteriormente se continuará con la línea 8 de Iztapalapa a Salto del Agua y en función de las disponibilidades financieras, con la línea Guerrero-Ecatepec.

14.- Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión de contaminantes.

Hasta 1989, los autobuses de R-100 poseían motores cuyas características no permitían controlar sus emisiones contaminantes, principalmente las de humo en el escape. Sus emisiones de humo negro son visibles a lo largo de las rutas que recorren, causando molestias a la población. Para solucionar este problema, se ha renovado la mayor parte del parque vehicular. La renovación incluye nuevos motores, mismos que cumplen con las normas de emisión de contaminantes.

15.- Reordenación y ampliación del sistema de transporte eléctrico.

El sistema de Transporte Eléctrico del Distrito Federal que se compone de trolebuses y el tren ligero, sólo mueve a menos del 2% de los pasajeros de la ZMCM. Adicionalmente tiene el costo más alto de pasajero transportado de todos los sistemas de transporte público. Este modo representa una alternativa de transporte no contaminante y por ello es conveniente su expansión a partir de las siguientes medidas:

- Reordenación y reestructuración del funcionamiento del sistema de transportes eléctricos.
- Promoción de financiamientos que permitan su expansión en las zonas centrales de la Ciudad de acuerdo al Programa Integral de Transporte.

16.- Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte.

16.1.- Construcción de Libramientos Carreteros.

Para evitar el paso del transporte de carga regional a través del área urbana de la Ciudad de México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha diseñado y comenzando la construcción de un sistema de

libramientos carreteros. Los siguientes tramos están ya en construcción u operación:

- La Venta-Lechería que permite conectar la carretera de Toluca con la de Querétaro sin tener que usar el anillo periférico.
- Peñón-Texcoco que aliviará el tránsito en la calzada Ignacio Zaragoza. Se estudia su prolongación hasta la carretera a Pachuca.
- Libramiento de nuevo trazo para ligar la carretera de Toluca con la de Cuernavaca.

16.2.- Mejoramiento de los accesos a la Ciudad.

Con el fin de resolver los principales cuellos de botella viales de la Ciudad, se han diseñado nuevas soluciones para los principales accesos:

- Calzada Ignacio Zaragoza; junto con las obras de la línea del Metro Pantitlán-Los Reyes se transformó la Calzada en una vía rápida con seis pasos a desnivel en una longitud de 11 km.
- Nueva carretera Toluca; la Secretaría de Comunicaciones y Transporte se encargó del tramo Universidad Iberoamericana-La Venta de la nueva carretera. Como complemento a esta obra se construyó el distribuidor Constituyentes-Reforma.

- Boulevard actual carretera Toluca; con la terminación de la nueva carretera a Toluca, entre CONAFRUT y la Venta, la actual carretera pasará a convertirse en un boulevard arbolado de 11 km que mejore la circulación en toda la zona.
- Accesos de Pachuca y Cuernavaca; en los accesos de la carretera federal de Cuernavaca y la carretera de Pachuca se realizarán obras destinadas a resolver los cuellos de botella que se presentan.

16.3.- Obras Viales Urbanas.

El Programa Integral de Transporte pone énfasis en el mejoramiento del transporte público, por lo que las mayores inversiones se destinarán a ello. Sin embargo existen algunas obras viales que permiten mejorar sustancialmente el tránsito y que han sido cuidadosamente seleccionadas y diseñadas, destacando las siguientes:

- Continuación del Anillo Periférico. La ampliación del anillo periférico entre Cuernavaca y Calzada México Tulyehualco y continuando el anillo en todo el sector oriente entre la calzada México Tulyehualco y la calzada Ignacio Zaragoza.
- Paso a desnivel Periférico-Las Flores. Este paso a desnivel que mejorará el tránsito en una amplia zona del puente de Alvaro Obregón.

- Pasos a desnivel en calzada de Tlalpan. Los pasos a desnivel en los ejes Municipio Libre y Zapata y del de Tlalpan y División del Norte.

16.4.- Estacionamientos.

Dentro del Programa Integral de Transporte, los estacionamientos se irán organizando para desalentar el uso del automóvil en las zonas centrales congestionadas mediante tarifas escalonadas. Se estimulará su construcción en la periferia del Centro Histórico y cerca de las estaciones del Metro y se utilizarán parquímetros para ordenar el estacionamiento en la vía pública y propiciar el uso de los edificios de estacionamiento.

16.5.- Semaforización y Señalización.

La circulación de vehículos se optimiza con semáforos electrónicos, conexiones menores en cruces y glorietas y una adecuada señalización. Dentro de un esquema de prioridades se irán mejorando los cruces más conflictivos de la Ciudad.

16.6.- Programa Integral de Transporte.

A partir de los estudios y modelos de simulación con que cuenta el Departamento del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México y tomando en cuenta las aportaciones y recomendaciones de la primera Asamblea de Representantes del Distrito Federal y de la H. Cámara de Diputados se elaboró y puso en marcha el Programa Integral de Transporte. Este programa representa el primer avance para lograr una concepción integral y una adecuada coordinación de modos de transporte; prevenir los impactos ambientales y lograr una adecuada coordinación de recursos que permita atender los rezagos y cubrir las futuras demandas.

16.7.- Descentralización del Sistema Aeroportuario del Valle de México.

La operación actual del Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México concentra prácticamente todas las operaciones aéreas de la ZMCM, con la consiguiente contaminación y congestión. Para mitigar este problema, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte ha diseñado un sistema aeroportuario que descentralizará las operaciones

a varios aeropuertos de la región centro del país. Dentro de este programa destaca la transferencia de las operaciones internacionales al aeropuerto de Toluca. Con ello, se disminuirá la contaminación producida por los aviones en el Valle al tiempo que se descongestionarán las vías de acceso al Aeropuerto Benito Juárez.

17.- Autorización de Rutas de Autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte Institucional, de escolares y empleados.

Con el objeto de desestimular el uso del auto particular en áreas residenciales, el DDF otorgará concesiones para autobuses que ofrezcan un servicio de alta comodidad. Como una forma de incidir directamente en el tránsito y reducir el número de vehículos en circulación en horas pico y, en consecuencia, abatir los niveles de contaminación, el Departamento del Distrito Federal promoverá la concertación de acuerdos concretos entre transportistas y organizaciones de escuelas privadas y padres de familia, por un lado, y con los sindicatos y empresas mayores públicas y privadas, por el otro, que incrementen y faciliten a costos accesibles, la utilización de autobuses privados para el transporte colectivo de escolares y empleados en la Ciudad de México.

18.- Continuación del Programa Hoy No Circula.

El programa Hoy No Circula, iniciado el 20 de noviembre de 1989, se ha mantenido vigente por los impactos positivos logrados en la reducción de la contaminación atmosférica y del tráfico, así como por la participación y aceptación de la ciudadanía.

Esta acción consiste en retirar de la circulación el 20% de la planta vehicular de la ZMCM, ya que para cada día de la semana laboral (de lunes a viernes) se impuso la restricción de circular de acuerdo con el último dígito de las placas, tocando de esta forma dos dígitos por día: lunes 5 y 6, martes 7 y 8, miércoles 3 y 4, jueves 1 y 2, y viernes 9 y 0.

La asignación de números y color del engomado a los días de la semana se hizo con base en un sorteo. Con excepción de los vehículos dedicados al transporte público, ambulancias, autos de bomberos y de policía, todos los automóviles, camiones o camionetas con motor a diesel y gasolina que transitan en el área metropolitana tiene que respetar la restricción.

19.- Ampliación del Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas LP.

El programa de verificación obligatoria de vehículos a gasolina se inició en Enero de 1989. El objetivo de este programa es reducir los gases de escape, con el fin de garantizar una combustión bajo condiciones óptimas del motor y controlar el estado del sistema del escape. Así como informar al automovilista del estado de su vehículo.

De contar con 16 centros de verificación en 1988, se pasó rápidamente a contar con 795 centros, en tan solo seis meses, lo que permite verificar toda la planta vehicular. Así a lo largo de 1990 se verificaron aproximadamente 2.7 millones de vehículos. Por otra parte, la verificación de los vehículos a diesel reducirá la emisión de humos, HC y CO.

Con respecto a los vehículos foráneos a diesel, la SEDUE (en su momento) y la SCT firmaron el acuerdo por el que se establece la verificación semestral obligatoria de emisiones contaminantes de los vehículos de transporte de pasaje y carga, que circulen por caminos de jurisdicción federal. Derivado de ello, desde el 1o. de junio de 1990, la SCT está aplicando a nivel nacional el programa de verificación de emisiones

contaminantes, a un parque vehicular estimado en 200,000 unidades de transporte público federal, además de aquellas de propiedad de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal que transitan por caminos de Jurisdicción libre, las cuales se estiman en 100,000 unidades.

La verificación de vehículos a diesel se realiza con base en la norma técnica ecológica que para el efecto expidió la extinta SEDUE en diciembre de 1988. Los datos que se obtengan servirán de base para una nueva norma que será más estricta, hasta alcanzar la combustión más eficiente posible.

20.- Reconversión de flotillas de camiones de carga de gasolina a gas LP, incorporando convertidores catalíticos.

El gas LP puede emplearse como sustituto de gasolina en vehículos automotores, su empleo disminuye en un 60% las emisiones de HC y 40% las de CO. En la ZMCM existe una disponibilidad de 15,000 BPD de gas LP, susceptible de ser empleado en vehículos automotores con un precio real, no subsidiado como lo es el gas doméstico. Este volumen permitirá abastecer a cerca de 45 mil camiones distribuidores.

Sin embargo, pruebas realizadas por el IMP indican un incremento

substantial en la emisión de óxidos de nitrógeno al emplear este combustible. Antes de aplicar esta acción es necesario continuar con la evaluación de la factibilidad técnica y económica y proceder a instalar en forma paralela convertidores catalíticos.

21.- Introducción de convertidores catalíticos en nuevos Combis y Microbuses.

Una importante fuente de contaminación son las combis y microbuses, que consumen aproximadamente el 18% del total de la gasolina que se expende en la ZMCM, pues no obstante su reducido número, realizan múltiples viajes. En este sector, la estrategia es evitar la introducción de tecnología contaminante en los nuevos vehículos. Dado el alto kilometraje que actualmente recorren, la reposición de motores se hace cada dos o tres años. Lo que implica que la normatividad que ahora se establezca, por la velocidad de reposición, será prevaeciente en un periodo de 4 a 5 años. Las decisiones incluyen:

- Sustituir con la mayor velocidad posible las unidades de menor tamaño y menor contaminación por viaje-persona.
- Efectuar las pruebas técnicas necesarias que aseguren la efectividad de la retroadaptación de convertidores catalíticos en unidades usadas.

Aunque en el momento actual no es posible exigir esta medida, por no disponer de suficiente gasolina sin plomo y, sobre todo, porque repercutiría fuertemente en las tarifas de un servicio esencial de la economía popular, la medida deberá quedar técnicamente preparada para su instrumentación en previsión del mejoramiento de las condiciones económicas.

- Todos los vehículos de transporte colectivo, continuarán sujetos a la verificación de sus emisiones.
- Se realizarán acuerdos con la industria para que las nuevas unidades incorporen los avances tecnológicos e incluyan convertidores catalíticos, alcanzando niveles mínimos de emisiones. No se otorgará concesión alguna a taxis, combis o microbuses que no cumplan con la norma.

INDUSTRIA PRIVADA Y ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO.

22.- Cambio del combustible por gas natural en Industrias.

La extinta SEDUE, en coordinación con PEMEX, ha identificado los establecimientos industriales que por su elevado consumo de combustibles y localización, constituyen fuentes de contaminación especialmente importantes. Para reducir significativamente sus emisiones, diversas

empresas sustituirán el combustóleo que consumen por gas natural, para reducir 40 toneladas de emanaciones de azufre al día.

Estas industrias están integradas a la red metropolitana de distribución de gas natural y cuentan con las instalaciones necesarias para su recibo y empleo. PEMEX asume el compromiso de suministrar 28 millones de pies cúbicos por día de este combustible.

23.- Convenios con la industria para el control de emisiones.

Las 1,550 industrias grandes y medianas firmarán convenios específicos con quien sustituya las funciones que para tal efecto tenía la extinta SEDUE para que en el plazo más breve que permitan sus recursos y posibilidades, pero no mayor a 36 meses a partir del 15 de noviembre de 1990, sustituyan procesos contaminantes o instalen equipos de control para que sus emisiones no rebasen las normas técnicas ecológicas pertinentes.

El cumplimiento de este compromiso está sujeto a verificación de las autoridades correspondientes. Las empresas que no estén en posibilidad de cumplir con la normatividad vigente serán clausuradas temporal o definitivamente y deberán reubicarse fuera del Valle de México, incorporando tecno-

logía no contaminante. Las industrias se comprometen a enviar trimestralmente un avance de la instrumentación de las medidas acordadas.

Para lograr un avance rápido en la lucha contra la contaminación y en favor de la productividad y competitividad, el Gobierno Federal continuará actuando:

- Con la participación del Sector Privado para el establecimiento de normas y estándares, así como la firma de convenios, acordando tiempos específicos y responsabilidades para su cumplimiento.
- Facilitando los trámites para la reconversión y en su caso reubicación industrial.
- Facilitando créditos para la modernización tecnológica y la adquisición de equipo de control de contaminantes.
- Promoviendo reuniones de empresarios mexicanos con grupos internacionales con tecnologías de punta.
- Obteniendo información internacional y otorgando asesoría sobre procesos y tecnologías de baja emisión de contaminantes y de generación de residuos.

24.- Prohibición de nuevas industrias contaminantes.

Queda prohibido la instalación de nuevas empresas o la ampliación de procesos altamente consumidores de hidrocarburos o agua potable. El Gobierno Federal definirá y establecerá con precisión los parámetros de medición del consumo de hidrocarburos y agua potable máximos, para la fijación y aplicación de este programa.

25.- Racionalización del abasto de materiales y bienes en la Ciudad.

El Gobierno de la Ciudad acordará con la industria y los servicios, la aplicación del reglamento correspondiente, a fin de hacer más fluido de tránsito en la Ciudad y reducir las concentraciones de los contaminantes vehiculares. Se irán estableciendo acuerdos, rama por rama, en relación a horarios de abastecimiento de materiales de construcción, insumos industriales y productos mercantiles.

26.- Control de emisiones y reubicación de Fundidoras.

En la ZMCM existen 216 fundidoras y acereras registradas legalmente. Se estima que alrededor de 100 más operan clandestinamente y cambian

frecuentemente de ubicación.

La SEDESOL, junto con el DDF y el Gobierno del Estado de México, han realizado diversos acuerdos con la CANACINTRA, CANACERO y la Asociación Mexicana de la Industria de la Fundición, con los siguientes propósitos:

- Instalar equipo de control de emisiones fugitivas y por chimenea en aquellas fundidoras que puedan permanecer en la ZMCM.
- Identificar y clausurar total y definitivamente las fundidoras clandestinas.
- Clausurar las fundidoras legalmente establecidas que no controlen sus emisiones.
- A través de NAFINSA, otorgar financiamiento a fundidoras que deseen reubicarse, así como una prórroga de funcionamiento mientras se lleve a cabo la reubicación.

27.- Realización de monitoreo continuo en las Industrias más contaminantes.

La SEDESOL ha exigido la inmediata instalación de medidores continuos en las empresas de mayor potencial de aporte contaminante en la ZMCM;

en las chimeneas de 25 establecimientos mayores se están instalando medidores de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

Las principales empresas consumidoras de hidrocarburos instalarán equipos de monitoreo continuo de sus emisiones y establecerán una red de laboratorios para la caracterización de sus afluentes y residuos sólidos. Con esta medida se reforzarán las tareas de control y vigilancia en la ZMCM, ya que en lo futuro las mediciones se transmitirán de manera automática y directa al centro de operaciones de la RAMA.

28.- Mejoramiento de procesos de combustión e Instalación de equipos de control en Establecimientos de Servicio.

Los establecimientos de servicio, como son los baños públicos, lavanderías, panificadoras, restaurantes, hoteles y hospitales, entre otros, poseen procesos de combustión o de incineración bajo deficientes condiciones operativas, y representan una fuente significativa de emisiones por su consumo de combustóleo. El abatimiento de sus emisiones será destacado en la proporción en que la medida de fondo, que consiste en contar con una mejor calidad de combustóleo sin azufre, se vaya instrumentando y en base

también a que se sustituya el uso y consumo de combustibles pesados por gas en estos giros.

Se incluye también la optimización de la eficiencia de combustión de las calderas instaladas en estos establecimientos, mediante ajustes operativos, mantenimiento preventivo y correctivo de estos procesos y la modernización de sus tecnologías.

Baños Públicos y Balnearios.

Todos los baños públicos del D.F. han realizado ya su verificación de emisiones y han venido contribuyendo, junto con los del Estado de México, con un día a la semana sin funcionar para reducir sus emisiones contaminantes, desde el mes de agosto de 1990. En este mismo sector, se modernizarán un mínimo de 40 establecimientos, y se integrará en los restantes, los instrumentos y dispositivos necesarios para mejorar los procesos de combustión y controlar emisiones contaminantes, lo que permitirá una reducción combinada del 20% en humos y gases tóxicos.

Panificadoras.

Igualmente, se continúa con el programa de cambio de combustibles, preferentemente por gas LP, que se lleva a cabo en las 350 panificadoras que utilizan diesel y combustóleo.

Lavanderías y Planchadurías.

En lo que se refiere a las 3,000 lavanderías y planchadurías de la Ciudad de México, se programaron acciones a partir del mes de noviembre de 1990 que consisten en:

- Para lavanderías industriales, un mantenimiento y limpieza más frecuente, la reducción del tiempo de operación de 12 a 10 horas diarias, lo que significa bajar el consumo de combustibles y las emisiones contaminantes en un 16%.
- Para plantas de lavado en seco, las unidades que recogen y entregan ropa limitarán su salida de 2 a 1 por día y los 80 establecimientos que forman este grupo cambiarán el combustible a gas LP, lo que redundará en una reducción del 50% de sus emisión de contaminantes.
- Los establecimientos de autoservicio bajarán en 2 horas la operación de sus calderas para reducir en 33% sus emisiones.

- El sector más numeroso son las planchadurías, que a su vez bajarán en una hora la operación de sus calderas optimizando su proceso productivo para lograr reducir sus emisiones en 16%.
- El sector de lavanderías y planchadurías en su conjunto reducirá sus emisiones entre 20 y 25%.

Restaurantes, Hoteles y Hospitales.

En el renglón de restaurantes, se ha logrado inducir una reducción sustancial superior al 50% del uso de carbón, que es el factor más importante de emisiones contaminantes. En general se promoverá que estos giros de servicios optimicen sus procesos de combustión e incineración mediante la modernización tecnológica de su equipo y la instalación de dispositivos de control.

Evaluación y Supervisión.

Las Cámaras y Organizaciones que agrupan a los establecimientos mercantiles y de servicios, se encuentran en proceso de instrumentar sus propios servicios de análisis y evaluación de emisiones contaminantes, para poder cumplir cabalmente con las normas vigentes y los compromi-

sos adquiridos con la autoridad. Por otra parte, se aplicara un programa de vigilancia periódica de carburación de calderas, así como la operación de instrumentación y control de proceso.

Capacitación Técnica.

En coordinación con la Secretaría de Trabajo y Previsión Social se ha iniciado ya el programa de capacitación de fogoneros, con un enfoque especial hacia la prevención y reducción de emisiones a través de la operación correcta de los equipos de combustión.

TERMOELECTRICAS.

29.- Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de azufre.

Tomando en cuenta que la combustión es uno de los procesos de mayor aporte de emisiones a la atmósfera y que por sus actividades específicas las centrales termoeléctricas consumen importantes cantidades de combustibles, la Comisión Federal de Electricidad inició en 1986 la sustitución paulatina del combustóleo por gas natural en la Central Valle de México.

esto significa una importante reducción de emisiones a la atmósfera. Actualmente, la Central Valle de México consume 84% de gas natural y la Jorge Luque 78%, en promedio.

30.- Suspensión invernal en la operación de unidades de generación.

Durante el período invernal ambas centrales suspenderán la operación de una de sus cuatro unidades, lo que dará lugar a una mayor reducción de contaminantes. Se estima que la reducción de emisiones de bióxido de azufre ya lograda es del orden de 200 ton/día. Esta medida, que inicialmente se pensaba aplicar solamente durante la época invernal, será permanente mientras no se cuente con combustóleo de bajo contenido de azufre.

31.- Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas.

En las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México se ha iniciado el proceso de adquisición de los medidores de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre en chimeneas.

REFORESTACION Y RESTAURACION ECOLOGICA.

32.- Programa de Reforestación Urbana.

El programa Cada Familia Un Arbol fue aplicado por el Departamento del Distrito Federal en la época de lluvias de 1990, con objeto de arborizar el área urbana de la Ciudad, involucrando activamente a la ciudadanía. Entre junio y agosto se distribuyeron y sembraron 1.8 millones de árboles. Para garantizar la supervivencia de los mismos, se buscó que cada familia, escuela, colonia o persona interesada sembrara sus árboles con el compromiso implícito de su cuidado. Adicionalmente, el Gobierno de la Ciudad con apoyo de los conscriptos, abrió cepas para arborizar calles, avenidas y plazas.

En apoyo al programa se distribuyeron 18 especies distintas de árboles, así como arbustos y especies florales, susceptibles de ser sembrados con éxito en 5 diferentes zonas edafoclimáticas del Valle. Esta experiencia permitirá que, año con año, se realicen campañas cada vez más amplias, incorporando irrigación urbana con aguas residuales tratadas a nivel terciario.

33.- Reforestación del Valle de México y su área de Influencia Ecológica.

Los Gobiernos del Distrito Federal, el Estado de México y el Estado de Morelos preparan un programa de reforestación rural, que tiene como meta sembrar 100 millones de árboles en diversos sitios dentro de un área de 364 mil hectáreas en un período de cuatro años. Las prioridades de atención del programa son las siguientes:

- Proteger las actuales zonas boscosas que rodean la ZMCM.
- Reforestar áreas deterioradas y con vocación forestal.
- Mejorar y expandir la infraestructura física y los recursos humanos dedicados a las labores de reforestación y cuidado de Areas Naturales Protegidas.
- Expropiar terrenos para constituir Areas Naturales Protegidas y detener la expansión de la mancha urbana.

En este programa, Xochimilco, las sierras de Guadalupe, Santa Catarina y sobre todo del Cerro del Ajusco, tienen alta prioridad. El DDF ha expropiado 2,447 hectáreas para constituir áreas verdes y boscosas, cuerpos de agua y zonas recreativas.

INVESTIGACION, EDUCACION ECOLOGICA Y COMUNICACION SOCIAL.

34.- Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores.

El Instituto Mexicano del Petróleo y el DDF, junto con la SEDESOL han venido probando dispositivos y combustibles alternos en vehículos ligeros y pesados, bajo las diversas normas nacionales e internacionales. Por tal motivo, ha instrumentado un programa de pruebas de dispositivos, que se están tratando de introducir comercial o institucionalmente en la planta vehicular de la ZMCM. El programa de pruebas en flotilla de automotores comprende prioritariamente la evaluación de mezclas gasolina-MTBE, gas LP en vehículos de reparto y el uso de convertidores catalíticos en vehículos de circulación.

35.- Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles.

Petróleos Mexicanos pondrá en marcha un programa permanente de control de calidad de combustibles en las instalaciones del Sistema Nacional de Distribución y Comercialización, el cual incluye autos-tanque, depósitos de almacenamiento, poliductos y estaciones de servicio. Al respecto, se cuenta

con el 75% en la instalación de laboratorios, en los 82 centros de trabajo. Además de incorporar laboratorios móviles para incrementar la cobertura de control y garantizar así la calidad requerida.

Por otra parte, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz se encargará de un programa similar en gasolineras.

36.- Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

La medición de la contaminación atmosférica es una de las bases fundamentales para la evaluación de la calidad del aire, así como para el seguimiento de los resultados de las acciones de control puestas en práctica. Por ello se incluyó en este programa la ampliación, complementación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMCM. Como se ha mencionado, la RAMA contaba en 1990 con 25 estaciones, equipada con analizadores de SO_2 , NO , HC , CO , O_3 , así como con instrumentos para la medición de velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura. Pocas Ciudades del mundo cuentan con una red semejante.

El crecimiento de la ZMCM obligó a la ampliación de la red actual. Con un costo de 2.7 millones de dólares, se instalaron siete nuevas estaciones para aumentar el radio de la cobertura geográfica de la RAMA: que fueron ubicadas en Tultitlán, Atizapán, Villa de las Flores, Cuajimalpa, Tlalpan, Chapingo y Tláhuac. Por otra parte, se adquirirán unidades móviles de monitoreo, sistemas de medición meteorológica para ampliar la infraestructura actual, monitores de lluvia ácida, así como instrumentos para el análisis de compuestos específicos. Para la mejor transmisión de datos se incorporarán nuevos sistemas de comunicación telefónica. Asimismo se ampliará el sistema de cómputo para captación y el procesamiento de datos de la Red.

37.- Desarrollo del Estudio Global de la Calidad del Aire (EGCA).

El Instituto Mexicano del Petróleo y el Laboratorio de Los Alamos, Nuevo México, E.U.A., desarrollan el proyecto "Estudio Global de la Calidad del Aire" que se orienta al desarrollo de un mayor conocimiento de este fenómeno. Su propósito fundamental es contribuir a la identificación, fundamentación y evaluación de alternativas para mejorar la calidad del aire en la ZMCM. El estudio abarca aspectos muy diversos. Para afinar el diagnóstico de la situación actual, se avanzará en la evaluación de las

emisiones y de la calidad del aire. así como de la influencia de los factores meteorológicos. A la vez, se generará la información necesaria para la aplicación de modelos que coadyuvan a la comprensión de la compleja fotoquímica atmosférica que gobierna la formación de contaminantes secundarios en la atmósfera de la ZMCM, así como su distribución en el espacio y en el tiempo.

38.- Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM.

El control de la contaminación atmosférica tiene el propósito de proteger a la salud de la población. Por ello, el objetivo del Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE), consiste en evaluar los daños causados por la contaminación atmosférica en la ZMCM, así como el impacto de las medidas de control sobre la salud.

El SVE funcionará en tres áreas de la ZMCM: sur (Pedregal), centro (Merced) y norte (Xalostoc). En cada una de éstas existe una estación de monitoreo de la RAMA y se han seleccionado tres unidades de atención del Sector Salud que funcionarán como unidades primarias de vigilancia. En dichas unidades se recolectará información acerca de todas las consultas

en menores de 15 y mayores de 60 años. La captación de la información básica sobre los efectos nocivos en la salud de la población, será realizado en unidades médicas del Sector Salud mediante formatos de registro diario de las actividades del médico y en reportes de vigilancia. Esta información será procesada con el fin de integrar una base de datos accesible a la comunidad médica y generar reportes periódicos de los resultados. Toda la información de salud se correlacionará con los datos de los niveles de contaminantes atmosféricos para generar un diagnóstico integrado. En SVE participarán diversas entidades del sector salud (SS, IMSS, ISSSTE, DDF e ISEM), así como la SEDESOL.

39.- Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación.

Conforme se avance en la aplicación del Programa Integral, se irá haciendo necesario por un lado, la evaluación de los resultados obtenidos y por el otro, el diseño de nuevas medidas que permitan avances adicionales. Ello sólo será posible si se cuenta con el apoyo de las Universidades y los Centros de Investigación. Estas Instituciones irán seleccionando y desarrollando las tecnologías más adecuadas para la protección ambiental.

De igual importancia es la investigación aplicada a técnicas, procesos, instrumentos y dispositivos de medición y control de la contaminación atmosférica. Para ello, se apoyarán proyectos e iniciativas que conduzcan a la aplicación en México de tecnología avanzada en materia de ciencias ambientales.

40.- Capacitación de maestros y formación de los niños.

Este esfuerzo tendrá que ser acentuado con la producción de materiales de información de alta calidad, en forma didáctica, que faciliten el conocimiento de la Ciudad y su medio ambiente, aprovechando las mejores tecnologías. Estos esfuerzos, que se coordinarán a través del Centro de Información y Estudios de la Ciudad de México, quedarán entrelazados de manera permanente con las tareas de investigación que se realizan en las Universidades, en el IMP y los distintos Institutos de Investigación de nuestra Ciudad que generan conocimientos, evalúan tecnologías y realizan esfuerzos de difusión.

41.- Programas de formación profesional y capacitación.

Como en pocos campos de la actividad humana, los avances en materia de protección ambiental dependen de una selección adecuada de tecnologías y de una evaluación rigurosa de los costos y los beneficios. De ahí la necesidad de mantener la más amplia comunicación con los centros de producción nacional e internacional de tecnologías y de facilitar la comunicación entre empresarios, técnicos y científicos, para ir desarrollando los conocimientos sobre los avances que se realizan y los métodos para aplicarlos y administrarlos. Pocas inversiones resultarán más útiles que la realizada en la formación de cuadros profesionales de alto nivel del sector público, las universidades y el sector social en esta materia. La tarea de capacitación recibirá especial atención, para poder contar con un número suficiente de recursos humanos que permitan difundir los conocimientos y garantizar la aplicación de los programas. El ejemplo de la rapidez con la que se difundió el conocimiento para la verificación de automóviles, nos muestra que esta difusión se puede realizar con eficacia para hacer frente a problemas que exigen de personal capacitado numeroso.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

VII.- CONCLUSIONES.

Cada una de las siguientes conclusiones y recomendaciones, son el resultado de lo que se fue tratando en los capítulos de este trabajo, y pretenden ser una propuesta para abatir las diferentes cuestiones de la contaminación atmosférica que existen en el Valle de México.

Estas conclusiones, no necesariamente deben llevarse a cabo en el orden que se presentan, sino que pueden darse una antes que otra, pero entendiéndose que al realizarse se irán abatiendo las causas que provocan esta infición y que de alguna manera están interrelacionadas.

1.- Que las Leyes y Normas que se expidan a futuro sobre la regulación de la emisión de contaminantes, se formulen de tal manera que conduzcan a un mayor control y prevención de la misma, permitiendo los parámetros de evaluación, una vez obtenidos puedan revisarse continuamente para disminuirlos o aumentarlos, considerando que se implementen a corto plazo nuevas tecnologías y equipos de control.

2.- Regular el uso del suelo para la ubicación de industrias y establecimientos de servicios, además de que estos cuenten con alta calidad en sus

sistemas de control de contaminantes.

3.- Que el crecimiento urbano se limite a las regiones ya establecidas y no se permita que estas crezcan, ni haya nuevos asentamientos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

4.- Que las industrias y establecimientos de servicios elaboren informes verídicos de la emisión de sus contaminantes a la SEDESOL; y ésta a su vez los verifique y si no se cumple con las Normas y Reglamentos, se clausuren definitivamente.

5.- Que la mejora de gasolinas sin plomo y la reducción de azufre en el combustóleo y diesel se haga a niveles más bajos, para una menor emisión de contaminantes.

6.- Los proyectos de vialidades deberán atenderse en zonas donde existen problemas de tránsito, para una mayor fluidez del mismo; así como la construcción y expansión del sistema de transporte colectivo METRO, trolebuses y tren ligero.

7.- Que sea obligatorio el uso de convertidores catalíticos, en vehículos que no los tengan, para así reducir la emisión de hidrocarburos.

8.- Dada la restauración ecológica de zonas deterioradas se mantenga con el cuidado de las mismas, vigilando que estas no se conviertan en basureros y propiciar el crecimiento de ellas; esto se vería reforzado con la concientización de la ciudadanía.

9.- En la búsqueda de nuevas tecnologías para la producción de energía, evitar que sea con la utilización de productos provenientes de energéticos como el petróleo; una de ellas puede ser la energía solar ya que nuestro país tiene la oportunidad de contar con este recurso la mayor parte del año.

10.- De las manifestaciones de Impacto Ambiental sobre una nueva obra pública o privada se informe a la ciudadanía de los daños ambientales provocados durante la ejecución y funcionamiento de un proyecto. Ya que generalmente para la etapa de ejecución no hay una evaluación de los problemas que se presentarán alrededor del mismo, y que ocasionan diferentes problemas como son: congestionamientos viales debidos al cambio de circulación en la área de afectación, contaminación por partículas producto de las excavaciones, así como también la afectación de

instalaciones y servicios públicos como transportes, teléfono, agua, luz y drenaje; con la repercusión del uso parcial de estos mientras se concluye el proyecto. Para la etapa de funcionamiento en la actualidad ya se contempla este tipo de Impacto, pero se hace énfasis en que para ambos casos sería muy conveniente una buena difusión del proyecto.

11.- Que las empresas e industrias cuyos empleados vivan por una misma zona los induzcan a que tengan un punto de reunión para que puedan ser trasladados a sus centros de trabajo con camiones de la empresa y así disminuir el número de vehículos en circulación que por lo general es un pasajero por vehículo, ya que distan de ellas en promedio de 10 Km; pudiéndose hacer lo mismo para las escuelas.

12.- Se ha hablado de la descentralización que no se dado; esta podría darse hacia otros Estados de la República pero con un plan de urbanización ya estructurado para la ubicación de industrias y establecimientos de servicios, pero también estableciendo lineamientos para que no se convierta en una metrópoli que vaya a tener los mismos problemas de contaminación que la del Valle de México.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

BRAVO A., Humberto "Las Bases para la elaboración de Reglamentos para el Control de la Contaminación Atmosférica en México" Ingeniería Civil No. 169 marzo-abril, 1972.

BRAVO A., Humberto y Torres J., R. "Diseño de las Normas de la Calidad de Aire para el Area Metropolitana de la Ciudad de México" Ponencia en el Congreso Sobre Problemas Ambientales de México, 1980.

CASELLI, Maurizio "La Contaminación Atmosférica" Siglo XXI, 1992.

CERVANTES B., Jorge "El medio natural como sistema integral" División de Estudios Superiores, Escuela Nacional de Arquitectura e Instituto de Geografía, UNAM, 1974.

JAUREGUI O., Ernesto "La distribución espacial y temporal del Monóxido de Carbono en la Ciudad de México, su relación con algunos factores metereológicos" Boletín Instituto Geografía, UNAM 14, 1984.

KRUPA, V. y L. I. de Bauer "La Ciudad daña los pinos del Ajusco" Panagfa 4(31), 1976.

LOPEZ R., Humberto "Control de la Contaminación Ambiental provocada por Plantas Generadoras de Electricidad" Ponencia en el Simposio Energía y Medio Ambiente, 1984.

MEXICO, Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México "Programa para el Control de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de la Industria en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" 1992.

MEXICO, Comisión Nacional de Ecología **"Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1989-1990"**.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. I, Número 1, 1989.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. I, Número 2, 1989.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. I, Número 3, 1989.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. I, Número 4, 1989.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. I, Número 5, 1989.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. II, Número 9, 1990.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. II, Número 12, 1990.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Edición Especial, 1990.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, **"Gaceta Ecológica"**, Vol. III, Número 13, 1991.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. "**Gaceta Ecológica**". Vol. III, Número 14, 1991.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. "**Gaceta Ecológica**". Vol. III, Número 17, 1991.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. "**Gaceta Ecológica**". Vol. IV, Número 19, 1992.

MEXICO, Secretaría de Salubridad y Asistencia. "**Legislación Ambiental de México**", 1977.

PERSSON P., Gonzalo "**Implicaciones Ambientales y Legales de la Exploración, Explotación y Aprovechamiento de los Recursos Energéticos**" Ponencia en el Simposio Energía y Medio Ambiente, 1984.

PONT, Marco del "**El Crimen de la Contaminación**" Universidad Autónoma Metropolitana, Azeapozalco, 1986.

RAMÍREZ Ch., Francisco "**Actividades de Protección Ambiental en Petróleos Mexicanos**" Ponencia en el Simposio Energía y Medio Ambiente, 1984.

UNAM, Notas del "**I Curso Internacional de Impacto Ambiental**", División de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. UNAM, 1992.

UNAM, Notas de la "**Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente**", UNAM, 1992.

WARK, K. y Warner C. "**Contaminación del Aire. Origen y Control**" Harper & Row, Publishers, 1981.