

ESTUDIO DE MEDIDAS CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE MEXICO
INFORME FINAL
SUMARIO
Octubre de 1988

ESTADOS UNIDOS DE MEXICO

ESTUDIO DE MEDIDAS CONTRA LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE MEXICO

INFORME FINAL

S U M A R I O

Octubre de 1988

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

SDS
88-168
88-168

615
611
SDS
RY

18624

JICA LIBRARY



1071867[L4]

ESTADOS UNIDOS DE MEXICO

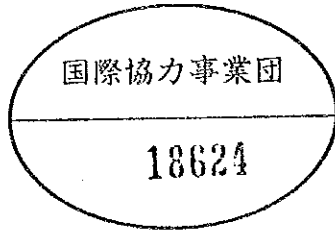
**ESTUDIO DE MEDIDAS CONTRA LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE MEXICO**

INFORME FINAL

S U M A R I O

Octubre de 1988

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON



I N D I C E

Capítulo 1. Prefacio

1.1	Ambito del Estudio	1
1.2	Aspectos Generales del Estudio	2
1.3	Personal del Estudio	8

Capítulo 2. Aspecto General del Area de Estudio

2.1	Topografía - Geografía	13
2.2	Clima	14
2.3	Población	14
2.4	Industria y Comercio	15
2.5	Uso de la Tierra	15
2.6	Transporte	16
2.7	Energía	19

Capítulo 3. Estado Actual de la Contaminación Atmosférica

3.1	Observación Meteorológica	20
3.2	Estudio de la Calidad del Aire	26
3.3	Análisis de los Datos Meteorológicos y de la Calidad del Aire de las Estaciones de SEDUE	32
3.4	Fuente de las Sustancias y Partículas Contaminantes de la Atmósfera	48
3.5	Simulación del Estado Actual de la Contaminación Atmosférica	74
3.6	Grado de Contribución por Fuentes de Partículas Suspendidas por el Método CMB	88

Capítulo 4. Sistema de Control de la Contaminación Atmosférica en México

4.1	Legislación	91
4.2	Organizaciones Oficiales	92
4.3	Normas Ambientales de la Calidad del Aire	93
4.4	Normas Contra la Emisión de Contaminantes Atmosféricos	94
4.5	Sistema de Vigilancia y Medición	95

Capítulo 5. Estudio y Evaluación de las Medidas Contra las Fuentes de Contaminación

5.1	Medidas Contra las Fuentes Fijas de Contaminación	97
5.2	Medidas Contra la Emisión de Gases de los Automóviles	103
5.3	Medidas para el Tráfico de los Automóviles	110
5.4	Cantidad de Emisión de Sustancias y Partículas Atmosféricas después de la Aplicación de las Medidas Correctivas	115
5.5	Calidad del Aire después de la Aplicación de las Medidas y su Evaluación	122

Capítulo 6. Sugerencias con Relación a la Puesta en Práctica de las Medidas

6.1	Sistema de Vigilancia de las Fuentes	133
6.2	Régimen de Verificación de Automóviles	135
6.3	Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire	136
6.4	Normas Ambientales	138
6.5	Fortalecimiento de las Organizaciones y Capacitación del Personal	138

CAPITULO 1 PREFACIO

Capítulo I. PREFACIO

1.1 AMBITO DEL ESTUDIO

El Distrito Federal es la capital de los Estados Unidos Mexicanos. Durante los últimos años, su población ha crecido incesantemente, y por ello, la población del Area Metropolitana de la Ciudad de México, (en adelante se denominará por su acrónimo, AMCM), que incluye las áreas colindantes de los estados vecinos, ha superado los 18 millones de habitantes, es decir, una de las mayores conurbaciones por población en el mundo, y en lo sucesivo promete aumentar todavía más.

Durante los ultimo años, ha surgido en la Ciudad de México un grave problema de contaminación atmosférica a causa de contaminantes emitidos por los tres millones de vehículos aproximadamente y por las casi 30.000 fábricas y oficinas que radican en el AMCM. Este problema se agrava debido a las condiciones naturales poco favorables, en las que situa la Ciudad de México al estar ubicada en una cuenca rodeada por montañas, además de que debido a su altura sobre el nivel del mar, de aproximadamente 2.200 metros, el oxígeno se encarece en cierta medida.

Para atender a tal problema, el Gobierno de México ha obtenido ayuda del Banco Mundial, estableciendo desde 1986 un Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en 25 puntos del AMCM. Posteriormente, en febrero del mismo año se ha promulgado el Decreto en el cual se estipulan 21 medidas contra la contaminación ambiental. Además, de otras acciones para la consolidación del avance de las medidas ya establecidas.

Con base a lo anterior, el Gobierno Mexicano ha solicitado al Gobierno Japonés, que tiene amplia experiencia y tecnología en el área de las medidas correctoras de la contaminación atmosférica y hasta la fecha ha conseguido buenos resultados, su cooperación técnica con el fin de establecer un lineamiento contra la contaminación atmosférica de la AMCM.

El Gobierno Japonés decidió realizar el presente estudio de desarrollo a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante

denominada JICA, Japan International Cooperation Agency), y en julio de 1986, envió a la Ciudad de México una misión preliminar del grupo de estudio, encabezada por el Sr. Goto, Asistente del Director General de la División de Conservación de Aire de la Agencia del Medio Ambiente. Luego, JICA y la Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, del Departamento del Distrito Federal (denominado en adelante por su abreviatura DDF-DGRUPE) firmaron el alcance de trabajo, y a partir de febrero de 1987 se inició el estudio.

1.2 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.2.1 Objeto del Estudio

El objetivo del presente estudio es investigar, entre otras cosas, el estado actual de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México y conocer la situación real de las fuentes contaminantes y las condiciones meteorológicas de acuerdo al análisis de la constitución de la contaminación atmosférica, además de elaborar lineamientos para contribuir a la creación de medidas correctoras de la contaminación atmosférica de la Ciudad de México, y transmitir tecnología japonesa sobre medidas correctoras de la contaminación atmosférica a especialistas mexicanos, mediante los trabajos de investigación cooperativa entre Japón y México.

1.2.2 Area del Estudio

El área del presente estudio se centra en las zonas sometidas a una mayor contaminación dentro del AMCM, con una dimensión de 40 km E - O y 60 km N - S, según se ilustra en Fig. 1.2.1.

1.2.3 Alcance del Estudio

(1) Recopilación de datos

- 1) Datos meteorológicos
- 2) Datos de la calidad del aire
- 3) Datos sobre fuentes móviles

- 4) Datos sobre fuentes fijas
 - 5) Datos sociológicos
- (2) Estudio básico
- 1) Observación metereológica
 - 2) Estudio de fuentes móviles
 - 3) Estudio de fuentes fijas
 - 4) Estudio de la calidad del aire
 - 5) Estudio sobre fuentes de partículas suspendidas
- (3) Análisis del estado actual de la Contaminación atmosférica
- 1) Análisis de los datos existentes
 - 2) Creación de un modelo de simulación (SO_x , NO_x , CO)
 - 3) Análisis de concentración de contribución por fuentes según modelo de simulación (SO_x , NO_x , CO)
 - 4) Análisis de concentración de contribución por fuentes de partículas suspendidas según el método de Equilibrio Químico de Masas (CMB)
- (4) Elaboración de los lineamientos para las medidas contra la contaminación atmosférica
- 1) Estudio de medidas contra fuentes de emisión de sustancias y partículas contaminantes de la atmósfera
 - 2) Calidad meta del aire ambiental
 - 3) Estimación y evaluación de la calidad del aire después de la aplicación de las medidas
 - 4) Sugerencias relativas a la puesta en práctica de las medidas de la contaminación atmosférica

1.2.4 Procedimiento del Estudio y Flujoograma

Procedimiento y flujoograma del presente estudio se muestra en las Figuras 1.2.2 y 1.2.3.

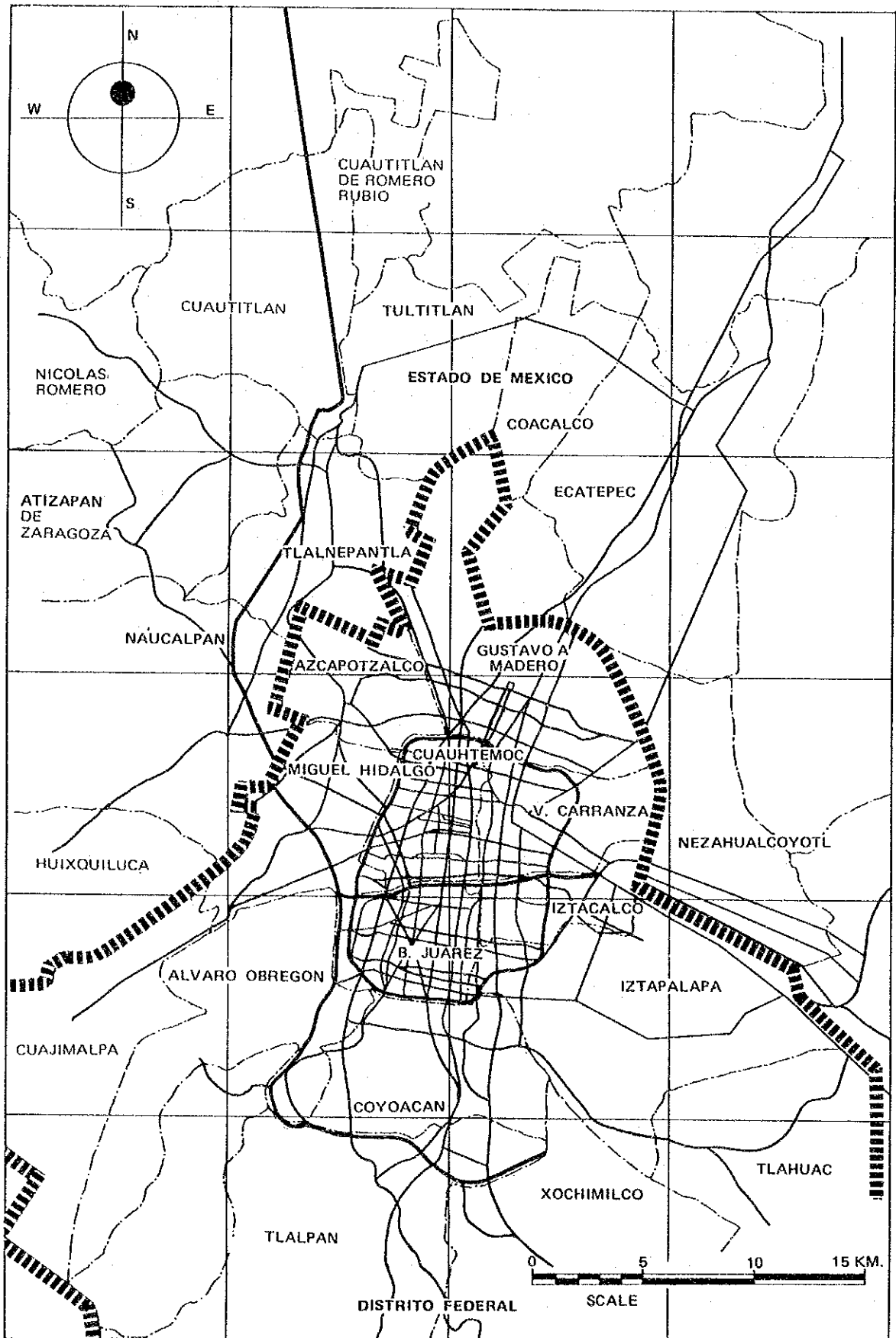


Fig. 1.2.1. Area del Estudio.

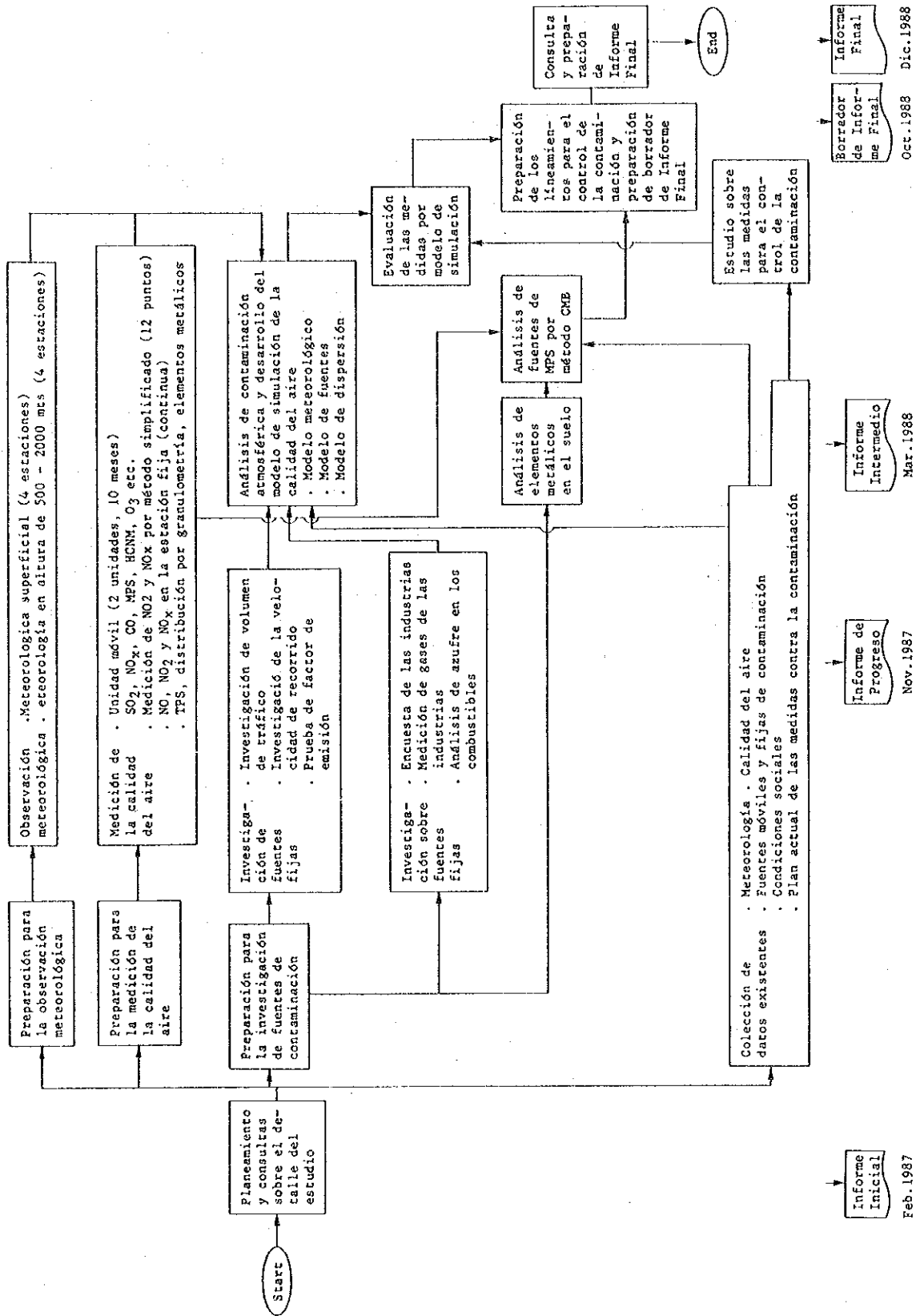


Fig. 1.2.2. Procedimientos del Estudio

1.2.5 Transferencia Tecnológica

En el presente estudio, se realizó la medición de cada ítem que tenga relación con el clima, las características atmosféricas y las fuentes de emisión, con los equipos aportados por JICA. Para transferir a los técnicos de la contraparte mexicana la tecnología de medición, se han llevado a cabo explicaciones previas relativas, entre otros temas, a instalación de aparatos de medición, métodos de medición, mantenimiento y obtención de resultados de medición, y posteriormente se ha impartido asesoramiento tecnológico detallado, a través de los trabajos de medición. Los parámetros medidos son los siguientes.

(1) Observaciones metereológicas

- 1) Dirección y velocidad de los vientos y sus desviaciones con anemovelocímetro de ultrasonido
- 2) Distribución vertical de direcciones, velocidades del viento y temperaturas (hasta 500 metros de altitud) mediante sonda cautiva
- 3) Distribución vertical de direcciones, velocidades del viento y temperaturas (hasta 1.500 metros de altitud), mediante sonda de bajo nivel
- 4) Temperatura y humedad en superficie (caso de observación en altura de 500 mts)
- 5) Mediante barómetro anaeroide, presión atmosférica en superficie (caso de observación en altura de 500 mts), mediante higrómetro de ventilación Asman

(2) Medición de la calidad del aire

- 1) Medición de óxidos de nitrógeno en las estaciones fijas (NO, NO₂, NO_x)
- 2) Estudio de la calidad del aire con los vehículos de medición (SO₂, NO, NO₂, NO_x, HCNM, O₃, CH₄, THC, MPS y dirección y velocidad de los vientos)
- 3) Análisis de concentración de partículas suspendidas por granulometría y partículas metálicas.

- 1) - Captación de polvo con el muestreador de aire Andersen de gran volumen
 - 2) - Mediante un espectrofotómetro de absorción atómica, análisis de componentes de partículas metálicas (A , K, Ca, Na, Mn, V, Pb, Ni, Zn, Fe)
 - 4) Medición simple de óxidos de nitrógeno (NO₂, NO_x).
- (3) Medición relativa a fuentes de emisión
- 1) Medición de gases efluentes de fábricas (NO_x, partículas suspendidas, O₂ cantidad de gases emitidos)
 - 2) Análisis del azufre en combustibles.

1.3 PERSONAL DEL ESTUDIO

1.3.1 Personal del Estudio de la Parte Japonesa

El personal japonés del estudio se compone del Comité de Supervisión de los Trabajos y del Equipo de Estudio, dependientes de JICA. La composición del comité citado aparece en la Tabla 1.3.1 y la del presente grupo de estudio en la Tabla 1.3.2.

Tabla 1.3.1 Personal del Estudio de la Parte Japonesa
(Comité de Supervisión de Trabajos)

Nombre	Cargo	Ocupación actual	Observaciones
Masayoshi Karasawa	Presidente del Comité (Supervisión General)	Asistente del Director General de la Div. Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	Desde 6 Sept. 1988
Hirotooshi Goto	Líder del Comité (Supervisión general)	Director de la Oficina de Mejoramiento Ambiental de Trabajo del Dpto. de la Seguridad Industrial y Salud. Ministerio de Trabajos. Adscrito en Div. de Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	Presidente del Comité 12 Feb.- 5 Sep. 1988 Miembro 9 - 21 Oct. 1988
Yoshio Yamanaka	Miembro del Comité (Fuentes fijas)	Sub-Director del Dpto. de Control de Contaminación, Div. de Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	6 Set. 1988 -
Masaharu Tanaka	Miembro del Comité (Fuentes fijas)	Sub-Director del Dpto. de Control de Contaminación, Div. de Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	1 Sept. 1987 - 5 Sept. 1988 (Miembro)
Takashi Hayase	(Fuentes fijas)	Sub-Director del Dpto. de Control de Contaminación, Div. de Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	12 Feb. - Agust. 1988 (Miembro)
Hidemi Tozawa	Miembro del Comité (Fuentes móviles)	Sub-Director del Dpto. de Control de Contaminación Div. de Conservación del Aire, Agencia de Medio Ambiente	12 Feb. 1987 -
Ken Nakamura	Miembro del Comité (Análisis)	Investigador jefe Div. Atmosférica, Instituto de Ciencia ambiental de Tokio.	12 Feb. 1987
Masatake Sofuku	Miembro del Comité (Medición calidad del aire)	Investigador jefe, Div. Atmosférica, Instituto de Ciencia Ambiental de Tokio.	12 Feb. 1987 -

Nota: 1. Sr. Hirotooshi Goto fue Presidente del Comité hasta 5 de septiembre, 1988.
Sr. Takashi Hayase hasta agosto de 1987, Sr. Masaru Tanaka, hasta agosto de 1988 fueron miembros del Comité.

Cuadro 1.3.2 Personal del Estudio de la Parte Japonesa
(Equipo del Estudio)

Nombre	Cargo
Akira Uchida	Jefe de Equipo/Dirección
Masayasu Muraoka	Subjefe/Análisis, Fuente de contaminación
Hidemi Fujimori	Plan Seguridad Atmosférica
Hiroshi Sekine	Medida fuente fija de contaminación/medición fábrica
Hiroshi Okano	Observación meteorológica/análisis
Makoto Miyakawa	Medida gas de automóviles
Yuji Shibuzawa	Plan urbano/plan de transporte
Haruo Kikuchi	Simulación/Análisis atmósfera ambiental
Kenichi Yamanaka	Medición/meteorología
Yuichiro Okayama	Medición/Calidad de aire
Ikuo Fujita	Medición/Calidad de aire
Ryosuke Fujiwara	Sociología-economía
Takashi Kimoto	Calibración de equipos de medición
Keiji Sodeyama	Calibración de equipos de medición

Nota: Sr. Kanjiro Wakita fue jefe de equipo del estudio hasta junio de 1988.

1.3.2 Personal del Estudio de la Parte Mexicana

De la parte mexicana, el DDF-DGRUPE ha asumido las tareas del estudio, bajo la dirección del Director General, Arq. Juan Gil Elizondo. La composición del personal responsable mexicano se ilustra en la Tabla 1.3.3.

Tabla 1.3.3 Personal de Estudio de la Parte Mexicana

Arq. Francisco de la Vega Aragón Director de Prevención y Control de la Contaminación Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica. Departamento del Distrito Federal.	Dirección
Ing. Victor Getiérrez Avedoy Sub-Director de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica. Departamento del Distrito Federal.	Sub-Dirección. Fuentes fijas
Ing. Julio Huerta Moreno Del mismo Departamento. D.D.F	Fuentes fijas
Ing. Luz Maria Montes Del mismo Departamento D.D.F	Fuentes fijas
Ing. Ana Cristina Meza Reinoso Del mismo Departamento D.D.F	Fuentes móviles
Ing. José Arvisu Del mismo Departamento D.D.F	Fuentes móviles
Ing. Hortencia Mergal Del mismo Departamento D.D.F	Fuentes móviles
Ing. Victoria Bustos Terrones Del mismo Departamento D.D.F	Fuentes móviles
Biol. Pablo Gallardo Del mismo Departamento D.D.F	Meteorología

Meteor. Pablo Escamilla Del mismo Departamento D.D.F	Meteorología
Ing. Victor Gutiérrez Avedoy Sub-Director del Departamento D.D.F	Calidad del Aire
Ing. Juan Manuel Aguilar Jefe del Laboratorio Del mismo Departamento D.D.F	Calidad del Aire
Lic. Silvia Martínez Espinosa Del mismo Departamento D.D.F	Sociología-Economía

Y han colaborado organismos oficiales tales como la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), Coordinación General de Transporte (CGT) Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) Comisión Federal de Electricidad (CFE) Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) y las entidades del Gobierno del Estado de México, así mismo numerosas industrias privadas.

CAPITULO 2 ASPECTO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

Capítulo 2. ASPECTO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 TOPOGRAFIA - GEOGRAFIA

La Ciudad de México se encuentra a 2.200 metros de altitud, y sus coordenadas son 19°24' de latitud norte y 99°12' de longitud oeste formándose una cuenca rodeada de las montañas de mayor altitud.

La Ciudad de México es denominada Distrito Federal por la división administrativa y se compone de 16 delegaciones.

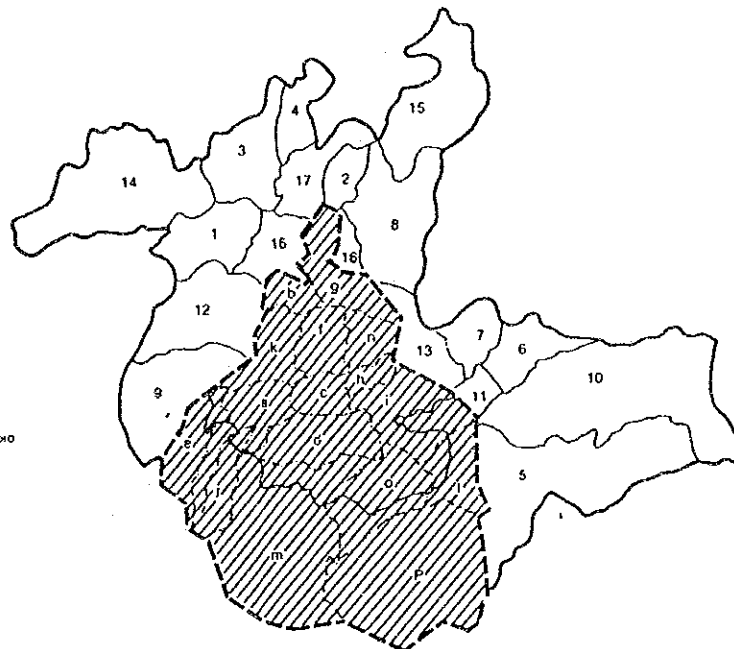
En los años cuarenta del presente siglo, como consecuencia del enorme crecimiento de las zonas vecinas, el área metropolitana actual se extendió hasta los municipios del Estado de México; y se dio en llamar Area Metropolitana de la Ciudad de México, AMCM, a la zona que incluye las delegaciones del Distrito Federal (DF) y los diecisiete municipios del Estado de México. (Fig. 2.1.1)

DELEGACIONES DEL DISTRITO FEDERAL

- a. Alvaro Obregón
- b. Azcapotzalco
- c. Benito Juárez
- d. Coyoacán
- e. Cuajimalpa
- f. Cuauhtémoc
- g. Gustavo A. Madero
- h. Iztacalco
- i. Iztapalapa
- j. Magdalena Contreras
- k. Miguel Hidalgo
- l. Tláhuac
- m. Tlalpan
- n. Venustiano Carranza
- o. Xochimilco
- p. Milpa Alta

ESTADO DE MEXICO

- 1. Atizapán de Zaragoza
- 2. Coscalco
- 3. Cuautitlán
- 4. Cuautitlán de Romero Rubio
- 5. Chalco
- 6. Chiclotepan
- 7. Chimalhuacán
- 8. Ecatepec
- 9. Huiriquilca
- 10. Iztapaluca
- 11. Los Reyes La Paz
- 12. Naucalpan
- 13. Nezahualcóyotl
- 14. Nicolás Romero
- 15. Tecamac
- 16. Tlalnepanilla
- 17. Toluca



FUENTE: D.D.F. DGRUPE, Gobierno del Estado de México.

Fig. 2.1.1 División Administrativa del Area Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM)

2.2 CLIMA

La temperatura media anual de la Ciudad de México es de 15°C, la temperatura media mensual más alta es la de mayo con 17,4°C; y la inferior es de 12,1°C. Los cambios durante el año son pocos. La precipitación anual total es de 725 mm, y el período de precipitación es casi sin excepción durante el período de lluvias de junio a septiembre. La estación seca transcurre de octubre a mayo; especialmente, los meses de diciembre, enero y febrero son de precipitación muy escasa.

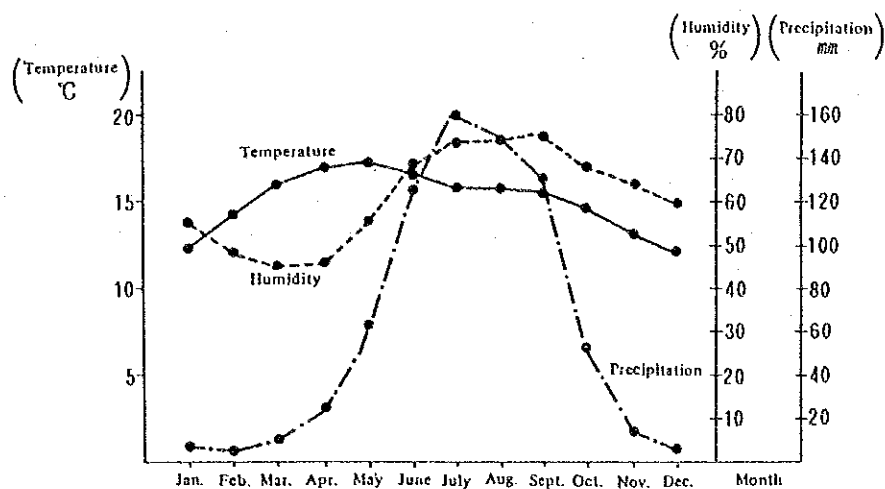


Fig. 2.2.1 Clima de la Ciudad de México (1921 - 1960)

2.3 POBLACION

La transición de la población del AMCM, compuesta por la Ciudad de México (Distrito Federal) y diecisiete municipios del Estado de México, se expresa en la Tabla 2.3.1. La población total en 1986 era de 10.087.000 habitantes en el DF, y de 7.679.000 en el Estado de México, lo que arroja un total de 17.766.000 habitantes. (Tabla 2.3.1)

Tabla 2.3.1 Población del AMCM

(Unidad. 1.000)

<u>Año</u>	<u>DF</u>	<u>Estado de México</u>	<u>Total (AMCM)</u>
1950	3.050	-	-
1960	4.871	487	5.358
1970	6.871	1.947	8.818
1980	8.831	5.054	13.885
1986	10.087	7.679	17.766

Fuente: Programa General de Desarrollo Urbano del DF, 1987 - 1988. DDF-DGRUPE

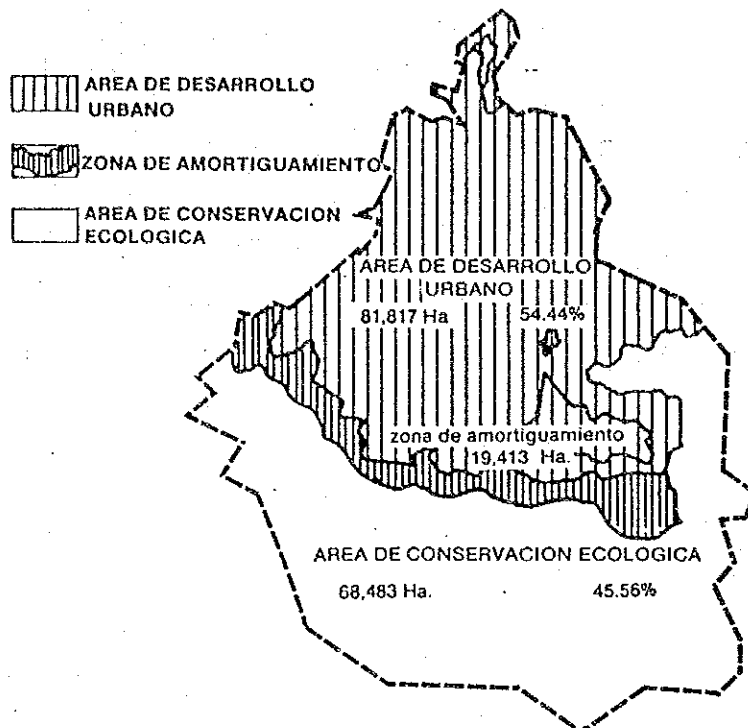
2.4 INDUSTRIA Y COMERCIO

Desde la perspectiva del reparto proporcional del número de empleados, la industria y el comercio de la Ciudad de México están representados, en orden de importancia numérica, por servicio y otros (49,2%), la de industria fabril (12,4%) y la exploración de mina (10,1%).

Con respecto a la industria fabril, en los años setenta, el DF reunía el 40% aproximadamente del personal empleado en todo el país, y el 50% de la producción estableciéndose en ella importantes industrias químicas textiles, la siderurgia, fundición de metales no ferrosos, transformación de metales, maquinaria y herramienta eléctrica e implementos para el transporte.

2.5 USO DE LA TIERRA

El Distrito Federal (D.F) y sus alrededores urbanos se encuentran al norte de la Ciudad de México, y el área urbana representa el 36%. Como consecuencia del aumento de la población en estos últimos años, el área urbanizada está aumentando a grandes pasos, y el área urbanizada está extendiéndose con gran rapidez desde el norte del DF hasta los límites del Estado de México. Además, se advierte que también se congregan numerosas fábricas en el área.



FUENTE: Plan General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, 1982. Zonificación Primaria 1982.

Fig. 2.5.1 Situación Actual de Uso de la Tierra (DF)

2.6 TRANSPORTE

Los sistemas más importantes de transporte del AMCM, además de las vías principales, son el metro, el trolebús, tren ligero, ferrocarril, aeropuerto, etc. Dentro de ellos, el grado de dependencia del automóvil representa el 80% aproximadamente, y además del vehículo privado se utiliza mucho el autobús, el taxi y otros medios de transporte público.

El número de vehículos por sistema de transporte del AMCM puede consultarse en la tabla 2.6.1.

Con relación al autobús, en el tiempo pasado, eran de explotación privada, pero en 1981 fueron municipalizados por el DDF, pasando a llamarse Ruta 100. Además, se han construido terminales de autobuses en cada uno de los puntos cardinales; con ello, se ha limitado la entrada en la Ciudad de

los autobuses de gran envergadura que circulan entre los suburbios y Ciudad de México.

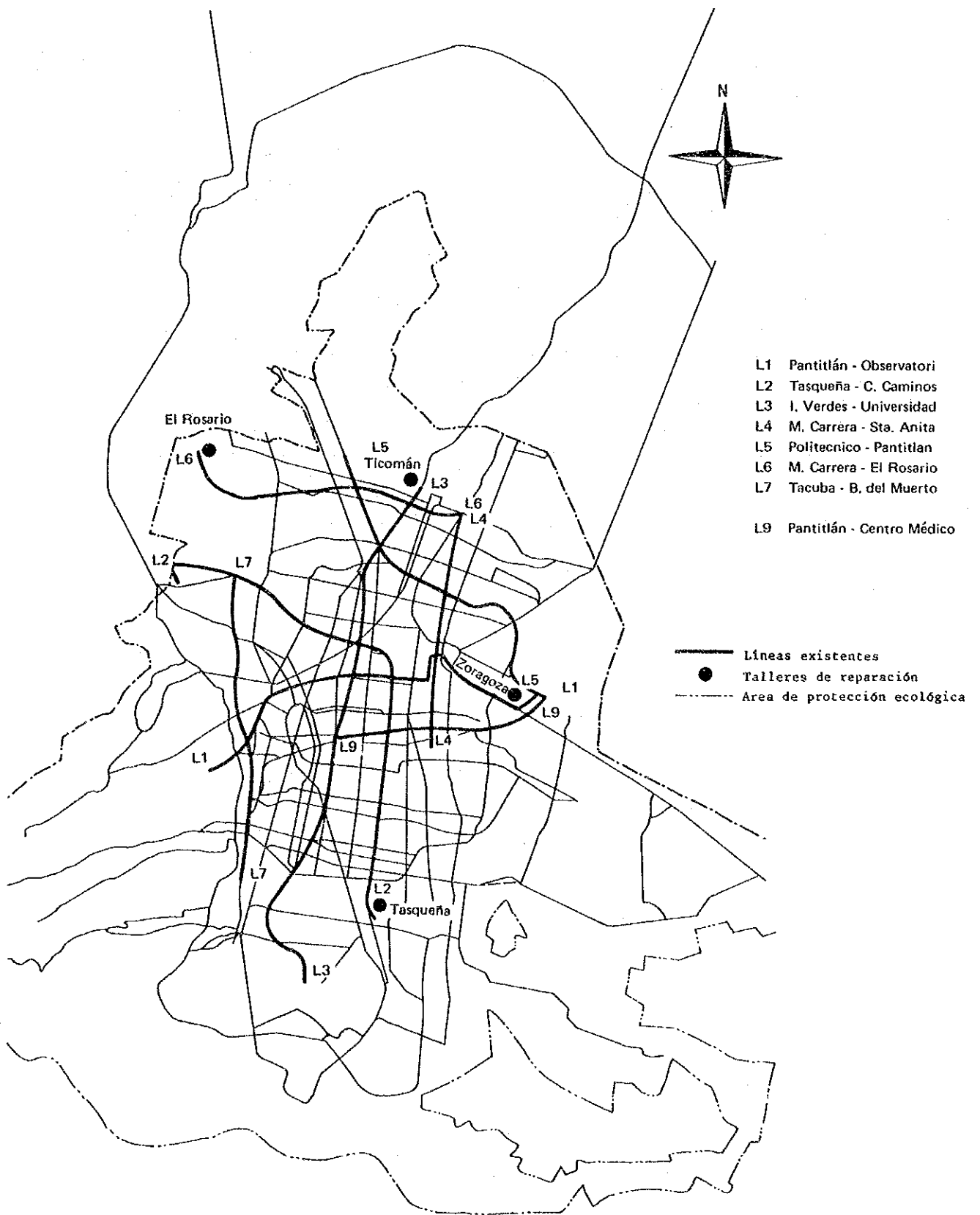
El metro, avanzando en su construcción desde las Olimpiadas de 1968, cuenta con un total de 8 líneas en servicio como se indica en Fig. 2.6.1. Pero el metro, actualmente no llega hasta las áreas urbanas que se han extendido hacia el Estado de México limitándose a dar servicio solamente dentro del área del Distrito Federal.

Cinco líneas de los ferrocarriles nacionales de México penetran en la Ciudad de México, y la proporción de pasajeros ha ido aumentando estos últimos años. Se está estudiando la modernización del sistema que une a las áreas del DF con las estatales y están terminando los trabajos de conversión en doble vía de la línea México-Querétaro.

Tabla 2.6.1 Número de Vehículos por Sistema de Transporte del AMCM (1985)

Sector		Número	(%)
Sistemas de transporte colectivo	Metro	2.075	
	Autobús	4.931	
	Autobús de extrarradios	6.719	
	Taxis	147.631	
	Trolebús	310	
	Subtotal	161.666	5,0
Camiones y motocicletas		435.000	15,0
Automóviles de pasajero		2.350.000	80,0
Suma total		2.946.666	100,0

Fuente: PROGRAMA GENERAL DE DESARROLLO URBANO DEL DISTRITO FEDERAL 1987 - 1988. DDF-DGRUPE



Fuente: DDF-CGT

Fig. 2.6.1 Red de Metro de la Ciudad de México

2.7 ENERGIA

La oferta de energía eléctrica de la Ciudad de México y su entorno la producen las centrales eléctricas de la CFE (Comisión Federal de Electricidad). Entre ellas, citemos, en el Valle de México, las de Valle de México e Ing. Jorge Luque.

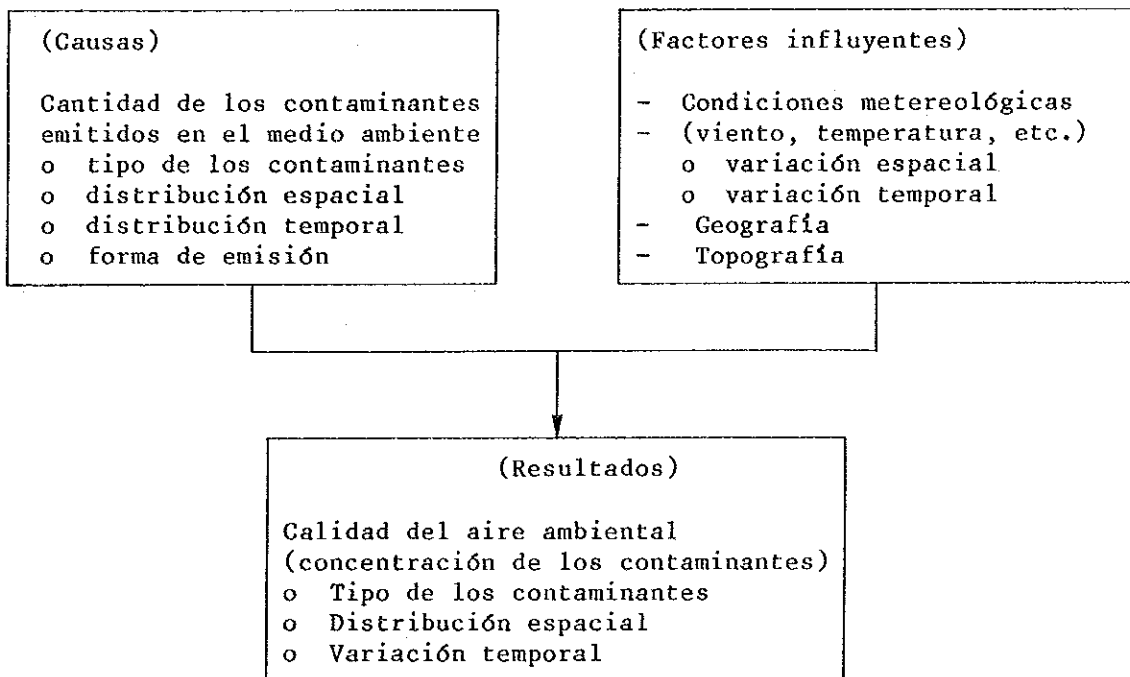
La producción, refinación y oferta de combustibles petrolíferos de los Estados Unidos Mexicanos corren a cargo en su totalidad de Petróleo Mexicano (PEMEX). La producción nacional de petróleo crudo se refina en nueve plantas nacionales, y posteriormente se pone a la venta mediante una red de distribución en todo el país. Dentro del perímetro municipal de la Ciudad México existe la Refinería de Azcapotzalco, que es la base de abastecimiento de combustibles petroquímicos para la Ciudad de México y sus alrededores.

CAPITULO 3 ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Capítulo 3. ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Planificación e implementación racional de las medidas para el control de la contaminación deberán ser en base de reconocimiento profundo de los componentes relacionados con el problema de la contaminación ambiental.

Estos componentes son, como se muestra en la figura de abajo, las causas, factores influyentes de los problemas y resultado o sea estado actual de la calidad del aire.



3.1 OBSERVACION METEOROLOGICA

3.1.1 Contenido del Estudio

Los datos de la medición meteorológica local realizada en el presente estudio y de los informes meteorológicos recopilados se expresan en la Tabla 3.1.1 y Figura 3.1.1.

Tabla 3.1.1 Tabla Sinóptica de los Datos Meteorológicos del Análisis

	<u>Concepto</u>	<u>Objetivo</u>	<u>Lugar</u>	<u>Período</u>
Observación meteorológica local	Meteorología en superficie	Cambio de velocidad y dirección del viento	CENTRO n° 5	8/Sep./87-27/May.88
	Meteorología en alta atmósfera (500 m)	Temperatura, dirección y velocidad del viento	CENTRO n° 5	(*) V: 8-19/Sep./87 O: 19/Nov.-3/Dic./87 I: 17-24/Feb./88 P: 20-27/May./88
Recopilación de datos existentes	Meteorología en superficie	Dirección y velocidad del viento	TACUBAYA	1/Ene.-31/Dic./86
	Meteorología en alta atmósfera (2000 m)	Temperatura, dirección y velocidad del viento	AEROPUERTO	1/Ene.-31/Dic.-86

(*) V: verano; O: otoño; I: invierno; P: primavera.

3.1.2 Resultados del Estudio

(1) Dirección y velocidad del viento en superficie

La dirección del viento en Centro n° 5 es frecuentemente por el día ESE y ENE-NO; por la noche OSO-NO. Los vientos prevaletentes por el día y la noche son frecuentemente de menos de 3,9 m/s, y el viento E del día es a menudo de entre 0,5 y 1,9 m/s. La velocidad del viento es superior a 4,0 m/s sólo un 9% durante todo el año, y apenas existen velocidades superiores a 8,0 m/s.

El viento de la Ciudad de México varía en su dirección entre el día y la noche, y como tiene poca velocidad, la influencia del viento ambiental es pequeña y depende del viento local. El viento del día es principalmente viento de valle, causado por los rayos del sol que calientan las laderas de las montañas; existe una tendencia a que la dirección E del viento se produzca durante la mañana y la NO por la tarde. La dirección del viento NO, por aumento del efecto de contra-

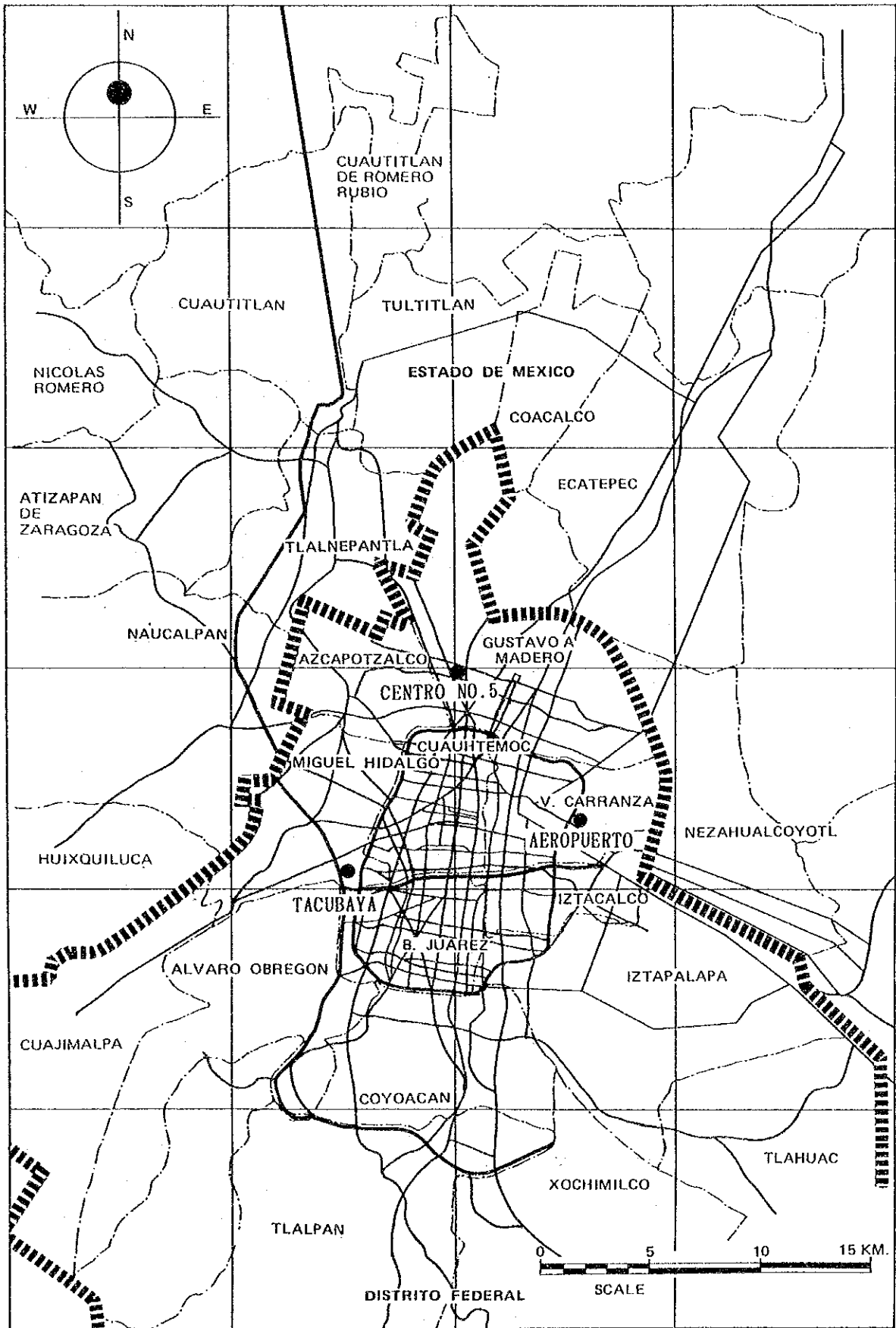


Fig. 3.1.1 Puntos de Observación Meteorológica

corriente, tiene una velocidad mayor que la dirección E. Por otra parte, el viento NO de la noche es principalmente un viento de montaña, debido al enfriamiento de la radiación de las laderas de las montañas, y se considera que es un viento que surge por causa de la bajada del viento de las montañas según la conformación de la apertura del valle, de NO a SE.

Según datos de dirección y velocidad del viento del año 1986 del observatorio de Tacubaya, la dirección prevaleciente de los vientos era NO, y presenta una tendencia parecida a la del Centro n° 5. Pero la dirección E se presenta pocas veces y la tendencia de manifestación general de la dirección de los vientos es diferente.

La velocidad del viento en Centro n° 5 es más fuerte en septiembre y octubre, de 2,1 a 2,3 m/s, y más débil de noviembre a enero, de 1,6 a 1,7 m/s. Por otra parte, la velocidad del viento en Tacubaya es más fuerte, de 3,4 a 3,5 m/s, en agosto y septiembre, y más débil, de 2,1 a 2,3 m/s, entre noviembre y enero.

(2) Meteorología en alta atmósfera

1) Tendencia de aparición de los vientos según la dirección y altitud

Con relación al Centro n° 5, aparecen con frecuencia direcciones del viento en superficie de ENE-E y SO-NO, y a 50 - 150 m de altitud de E-SSE. Sin embargo, a partir de 200 metros de altitud, no aparecen direcciones prevalecientes sino de todas las direcciones.

Con relación al Aeropuerto, según datos de medición de 1986, a las 6 de la mañana, hasta 200 m de altitud, los períodos encalmados representan el 41 - 52%, y a 500 y 900 metros de altitud la dirección del viento es frecuentemente de N-NNE y SSE-S. A 1400 m la situación varía, y todas las direcciones del viento están representadas. Por otra parte, a las 18 horas, a altitudes de hasta 500 m, el viento es frecuentemente de N-NE y SE, a 900 y 1400 m de altitud es con frecuencia N-NE.

2) Velocidades medias por altitudes

La Fig. 3.1.6 muestra velocidades medias por altitudes durante un período completo, y por estaciones del año, de observación meteorológica de la alta atmósfera.

Por promedio diario la velocidad en superficie fue la más débil, de 1,8 m/s, y en las capas inmediatamente superiores de 50 a 100 m fue la más fuerte, 2,4 m/s. En altitudes de 150 a 300 m, a medida que la altitud aumenta la velocidad se va debilitando, y a 300 m y altitudes superiores es de 2,0 m/s. Esta distribución presenta una tendencia parecida tanto por el día como por la noche.

3) Perfil de distribución vertical de temperaturas

Se observó la generación de inversión térmica próximo a la tierra en verano, 1 vez en 4 noches; en otoño, 12 veces en 14 noches; en invierno, 4 veces en 7 noches; y en primavera 5 veces en 7 noches.

En cuanto a la hora de generación, la aparición de inversión térmica entre las 21 y las 3 horas era más frecuente, influenciada por las características meteorológicas de las zonas en que aumenta la velocidad del viento alrededor de las 18 horas, pero los días de poca velocidad de viento aparecían a las 18 horas. La desaparición comenzaba pasadas las 6 y a las 9 presentaba una situación de restos de inversión en la altitud; a las 12, finalmente, aparecía una tendencia a su rápida reducción en todos los estratos.

En la Figura 3.1.2 se presentan ejemplos representativos de distribución vertical de temperaturas según mediciones de la sonda de nivel bajo.

Dentro de las treinta y tres veces de mediciones de distribución vertical de temperaturas según la sonda realizadas a las 13:30 horas, la manifestación de inversión térmica en altitud era de 8 veces, y dentro de ellas en dos casos (los días 3/Dic y 21/Feb.)

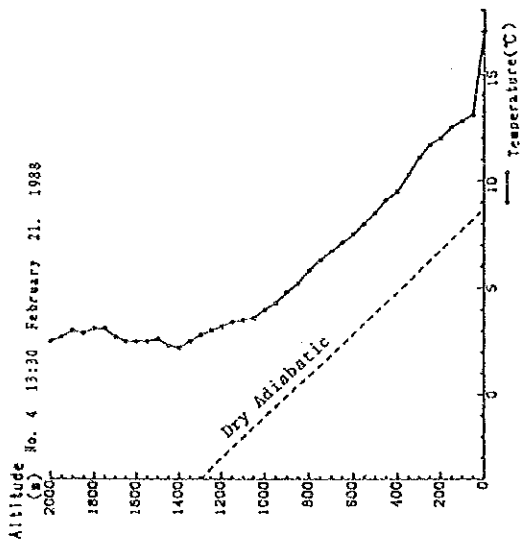


Fig. 3.1.2 (1) Distribución Vertical de Temperaturas
Días con Notables Inversiones
Térmicas Altas

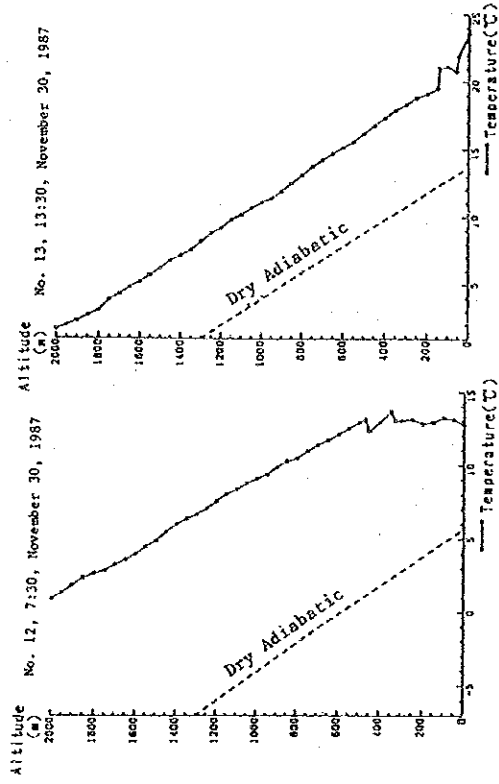
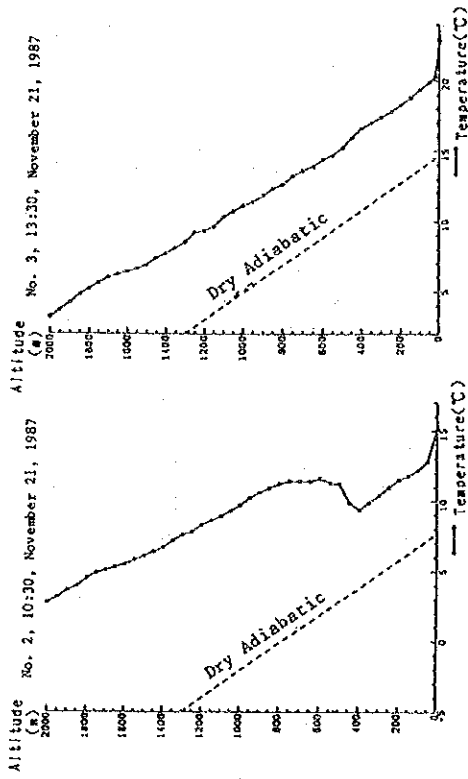


Fig. 3.1.2 (2) Comparación de Distribuciones
Verticales de Temperaturas entre la
Mañana y Día

aparece la inversión térmica notable en la zona de los 1100 - 1700 m de altitud. Las otras 25 veces, en altitudes de entre la superficie y 50 metros, la temperatura tendía a ser mayor que la adiabática seca. Además, la temperatura tendía a aproximarse a la adiabática seca a altitudes de aproximadamente 1800 m, y se manifestaba una gran confusión de corrientes contrarias.

3.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE

3.2.1 Perfil de la Investigación

Puede verse el perfil de la investigación de la calidad del aire en la Tabla 3.2.1.

Tabla 3.2.1 Tabla Sinóptica de la Investigación de la Calidad del Aire

Investigación	Temas de estudio	Objetos de estudio
Medición a largo plazo en las estaciones fijas	Oxidos de nitrógeno (NO, NO ₂ , NO _x)	En la ciudad, en la oficina de DDF en el 4° piso, se realizaron las mediciones continuas instalando aparatos de medición
Estudio con unidades móviles de medición (diciembre 1987 septiembre 1988)	Análisis de concentración de partículas y elementos metálicos	Instalando medidores en cinco puntos de la ciudad y su entorno, medición de concentración, granulometría de polvos, y análisis de elementos metálicos
	SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, SPS, HCNM, O ₃ , Velocidad del viento, Dirección del viento	En ciudad y entorno, medición consecutiva en dos puntos cada mes utilizando dos unidades móviles de medición, en 20 puntos en las vías y su entorno inmediatos.
Medición simple (octubre 1987 a junio 1988)	NO ₂ , NO _x	En 12 intersecciones principales de la circulación, dos veces de medición.

3.2.2 Resultados del Estudio

(1) Estudios de óxidos de nitrógeno en las estaciones fijas

Aparece un perfil de resultados de medición de NO, NO₂ y NO_x en la Tabla 3.2.2.

El valor medio total de período de medición de óxidos de nitrógeno (244 días) es de 0,047 ppm, y el valor horario más elevado ha resultado ser de 0,322 ppm. El número de horas en que se han superado los valores normativos ambientales (valor de una hora: 0,21 ppm) dentro del período de medición ha sido de 15 horas (0,3%).

Tabla 3.2.2 Recopilación de Resultados de Medición

<u>Concepto de medición</u>	<u>Días efectivos</u>	<u>Número de muestras</u>	<u>Valor promedio total</u>	<u>Valor máximo horario</u>	<u>Valor max. de media diaria</u>
	días	horas	ppm	ppm	ppm
NO	244	5878	0,036	0,378	0,096
NO ₂	244	5878	0,047	0,322	0,093
NO _x	244	5878	0,083	0,529	0,190

Por meses, se observa la tendencia de fuerte aumento de concentración del NO desde diciembre al comienzo del invierno, y al entrar la primavera va reduciéndose. El NO₂ aumenta grandemente al comenzar el invierno en diciembre, y continúa alto hasta la primavera.

Por horas, durante todo un período anual, la curva presenta un pico en forma de montaña en las horas matutinas, tanto para el NO como para el NO₂.

El pico de NO se presenta alrededor de las 8 de la mañana, y el de NO₂ alrededor de las diez de la mañana, existe una diferencia de unas dos horas entre los picos de NO y NO₂.

(2) Investigación con las unidades móviles

En la Figura 3.2.3 se expresan los resultados de medición por puntos de medición.

1) Dióxido de azufre (SO₂)

El valor promedio de todos los puntos de medición fue de 43 ppb. Además, comparando los resultados de medición de rutas con los de los entornos inmediatos, no se advertían diferencias en ningún lugar.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Ecapetec, n° 11, situado al NE de Ciudad de México arrojó el valor máximo con 75 ppb, mientras que el mínimo fue de 10 ppb en Cuemanco n° 4, situado al sur.

2) Óxido de nitrógeno (NO, NO₂, NO_x)

El valor promedio de todos los puntos de medición fue de 60 ppb para NO y 49 ppb para NO₂.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Centro Médico, n° 17, situado en el corazón de Ciudad de México, arrojó el valor máximo de NO con 122 ppb, mientras que el mínimo fue de 3 ppb en Cuemanco, n° 4, situado al sur. En cuanto al NO₂, Metro Cuauhtemoc, n° 5, situado en el corazón de Ciudad de México, arrojó el valor máximo en 68 ppb, mientras que el mínimo fue de 19 ppb en Cuemanco, n° 4, situado al sur.

3) Monóxido de carbono (CO)

El valor promedio de todos los puntos de medición fue de 3,9 ppm., y comparando los resultados de medición de las vías con los de los entornos inmediatos, los de aquéllas alcanzaban 4,3 ppm, mientras que los de éstos eran de 3,4 ppm, resultando superiores los de las

Tabla 3.2.3 Resultados de Medición de Concentración de Contaminantes por Puntos (valores medios)

Item Point	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	NMHC	CH ₄	THC	SPM
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppmC	ppmC	ppmC	µg/m ³
5 : METRO CUAUHTEMOC 87.DES 9~87.DES28	56	69	68	137	6.4	34	1.63	2.10	3.73	102
1 : ROSARIO 88.JAN10~88.FEB 1	55	76	39	114	4.3	30	1.54	2.19	3.74	79
7 : ZARAGOZA Y LEON 88.MAR23~88.APR13	25	53	49	102	3.1	33	0.83	2.54	3.37	127
9 : IZTAPALAPA 88.MAR16~88.APR 6	34	—	—	—	4.0	32	1.56	2.12	3.68	78
19 : AGRICOLA ORIENTAL 88.APR29~88.MAY24	—	—	—	—	4.3	35	1.75	2.39	4.14	90
10 : CENTRO No. 2 88.MAY25~88.JUN15	41	26	43	69	3.8	39	1.80	2.05	3.85	55
Road-side Average	43	56	50	106	4.3	34	1.52	2.23	3.75	88.4
Tokyo Japan Annual Average *1	12	84	40	—	2.5	—	—	—	—	58
14 : AZCAPOTZALCO 87.DES 7~87.DES28	67	51	65	116	4.6	40	2.36	2.22	4.58	87
11 : ECATEPEC 88.JAN 6~88.JAN28	75	110	52	162	3.9	28	0.98	2.45	3.43	170
17 : CENTRO MEDICO 88.FEB12~88.MAR 4	41	122	63	185	6.8	34	1.26	2.08	3.34	104
18 : FUJIYAMA 88.FEB11~88.MAR 3	23	—	—	—	1.8	34	1.07	2.04	3.11	50
12 : D. M. NACIONAL 88.APR27~88.MAY21	40	28	48	76	2.7	53	0.86	3.10	3.96	129
4 : CUERMANCO 88.MAY24~88.JUN13	10	3	19	21	0.9	58	0.21	1.98	2.19	50
Off-road Average	43	63	49	112	3.4	41	1.12	2.31	3.43	98.4
Tokyo Japan Annual Average *2	9	34	30	—	0.9	—	—	—	—	55
Total Average	43	60	49	109	3.9	38	1.32	2.22	3.59	93.4

Nota: *1. Promedio de las estaciones de monitoreo para la medición de gas de automóviles de las 23 distritos en 1986

*2. Promedio de las estaciones de monitoreo para la medición de la calidad del aire de los 23 distritos en 1986

vías en 0,9 ppm.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Centro Médico, n° 17, situado en el corazón de la Ciudad de México, arrojó el valor máximo con 6,8 ppm, mientras que el mínimo fue de 0,9 ppm en Cuemanco, n° 4, situado al sur.

- 4) El valor medio de todos los puntos de medición fue de 38 ppb., y comparando los resultados de medición de rutas con los de los entornos inmediatos, los de aquéllas alcanzaban 34 ppb, mientras que los de éstos eran de 41 ppb, resultando superiores estos últimos en 7 ppb.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Cuemanco, n° 4, situado al sur, dio el valor máximo, mientras que Ecapetec, n° 11, situado al NE de Ciudad de México, dio el valor mínimo.

- 5) Hidrocarburo no metano (HCNM)

El valor promedio de todos los puntos de medición fue de 1,32 ppmC. Además, comparando los resultados de medición de rutas con los de los entornos inmediatos, los de aquéllas alcanzaban 1,52 ppmC, mientras que los de éstos eran de 1,12 ppmC, resultando superiores los de las vías en 0,40 ppmC.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Azcapotzalco, n° 14, situado al NO de Ciudad de México arrojó el valor máximo con 2,36 ppmC, mientras que el mínimo fue de 0,21 ppmC en Cuemanco, n° 4, situado al sur.

- 6) Materiales de partículas suspendidas (MPS)

Aquí, MPS significa materiales de partículas suspendidas cuyo diámetro es igual o menos de 10 μ m.

El valor promedio de todos los puntos de medición fue de 93,4

microgramos/m³, y comparando los resultados de medición de rutas con los de los entornos inmediatos, los de aquéllas alcanzaban 88,4 microgramos/m³, mientras que los de éstos eran de 98,4 microgramos/m³, resultando superiores estos últimos en 10 microgramos/m³.

Con relación al valor medio por puntos de medición, Ecapetec, n° 18, situado al NE de Ciudad de México arrojó el valor máximo con 170 microgramos/m³, mientras que el mínimo fue de 50 microgramos/m³ en Fujiyama, n° 11, situado al SO, y en Cuemanco, n° 4, situado al sur.

(3) Concentración de TPS (total de partículas suspendidas) y de partículas metálicas, por granulometría

La concentración de TPS por término medio de todo el período fue de 110 a 314 microgramos/m³; los valores máximos se registraron en Cerro de la Estrella, donde se observaba tierra en suspensión y en la Oficina Central DE D.D.F. y San Agustín se registraron valores similares, y los mínimos en Tacuba y Pedregal.

La distribución granulométrica no presentaba grandes diferencias según las zonas de medición. En la Oficina Central de D.D.F., San Agustín y Cerro de la Estrella, donde la granulometría de 7 micrómetros y superior era más abundante que en los otros dos lugares, se dejaba sentir su influencia en la concentración de polvos en suspensión.

En cuanto a particulares metálicas, en todos los puntos de medición se advertía un alto contenido de Fe, Na, Ca y Al, y a continuación K y Pb. Puede pensarse que entre éstos, Fe, Na, Ca, Al y K tienen su origen principalmente en las tierras en suspensión. El plomo, por su parte, dado su minúsculo tamaño particular, puede pensarse que proceda principalmente de los aditivos de plomo incluidos, es notable la influencia de los gases de escape de los vehículos, en virtud de su alta tasa de plomo de aproximadamente el doble de la de los cuatro puntos restantes.

- (4) Resultados de medición de la concentración de óxidos de nitrógeno por el método de medición simple

Siendo los valores de NO medidos de entre 32 y 217 ppb, su promedio es de 104 ppb. En el caso de NO₂, las cifras respectivas son 17, 94 y 64 ppb. En el caso de NO_x, las cifras son 99, 303 y 168 ppb, respectivamente.

De entre los valores medios en cada intersección de tráfico, los lugares con valores altos son los situados un poco al O del centro de la Ciudad, a saber, los n° 1, 3, 7, etc., mientras que los valores bajos, 114 a 136 ppb, se dan en los extrarradios, n° 2, 10, 11, 12.

3.3 ANALISIS DE LOS DATOS METEOROLOGICOS Y DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LAS ESTACIONES DE SEDUE

En la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), se realizan las mediciones habituales de meteorología superficial y la calidad del aire ambiental en las estaciones de medición mostradas en la Figura 3.3.1.

En la Tabla 3.3.1, aparecen los resultados del análisis de los datos sobre la calidad del aire durante el año transcurrido entre diciembre de 1986 y noviembre de 1987.

3.3.1 Meteorología en Superficie

SEDUE, está realizando observaciones de velocidad y dirección del viento en superficie en las diez estaciones de medición de contaminación atmosférica presentadas en la Tabla 3.3.1, y se presentan los resultados del análisis realizado sobre los datos de medición durante el año transcurrido entre diciembre de 1986 y noviembre de 1987.

Es necesario recordar que se debe prestar atención al interpretar los resultados del análisis, puesto que el número de horas de medición de abril y mayo de 1987 es escaso y faltan datos de medición en todas las estaciones en el mes de julio de 1987.

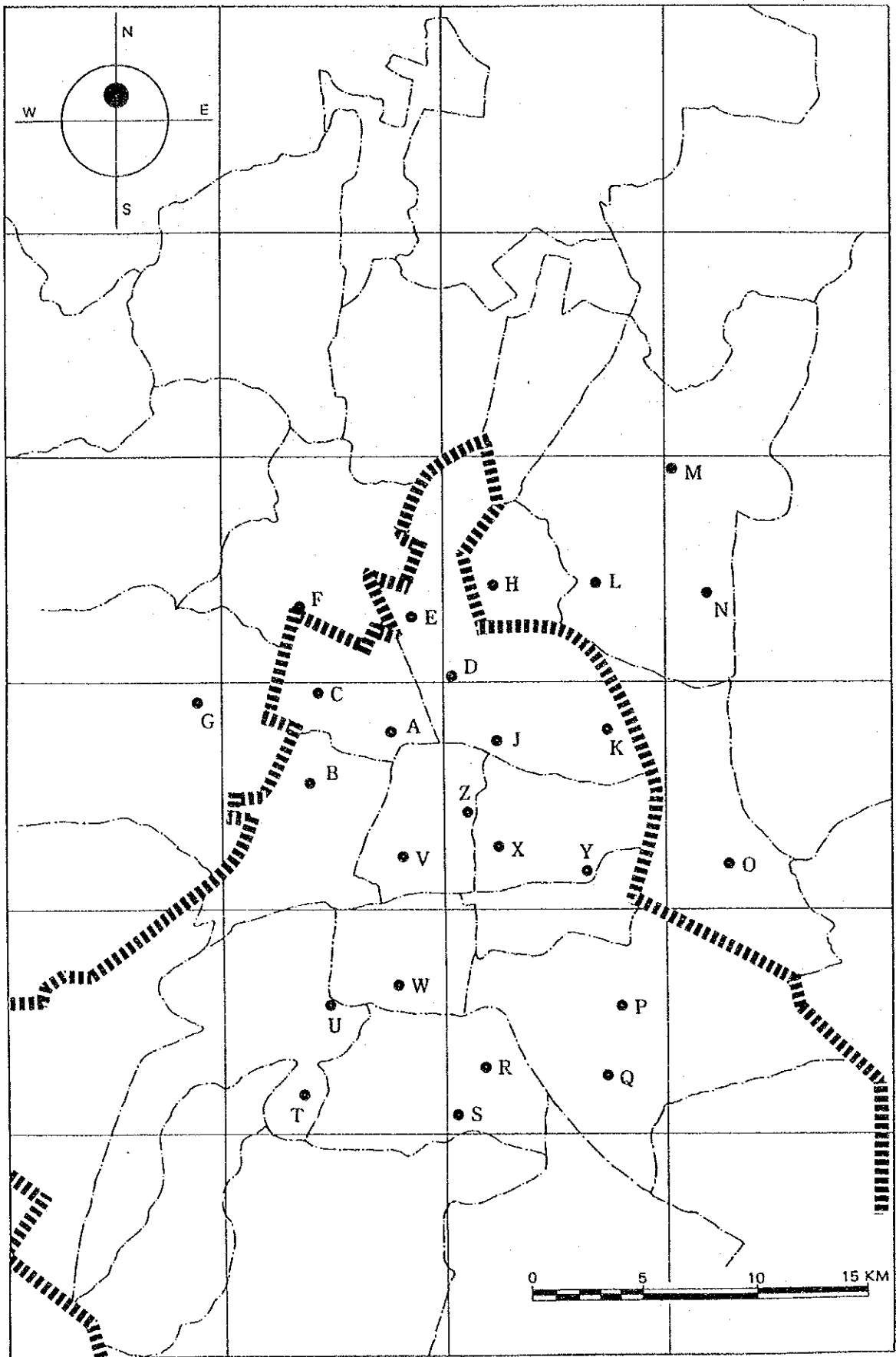


Fig. 3.3.1 Ubicación de las Estaciones de Monitoreo de SEDUE

Tabla 3.3.1 Estaciones de Monitoreo de SEDUE y sus Items de Medición

Estaciones	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	HIC	WD	WS
Z. LAGUNILLA				○				
E. VALLEJO	○							
S. STA. URSULA	○							
B. TACUBA	○					○	○	○
G. ENEP ACATLAN	○						○	○
M. LOS LAURELES	○							
H. LA PRESA	○							
J. LA VILLA	○							
N. SAN AGUSTIN	○				○		○	○
C. AZCAPOTZALCO	○				○			
F. TLALNEPANTLA	○	○	○	○	○		○	○
L. XALOSTOC	○	○	○	○	○		○	○
X. MERCED	○	○	○	○	○	○	○	○
T. PEDREGAL	○	○	○	○	○		○	○
Q. C. DE LA EST.	○	○	○	○	○		○	○
U. PLATEROS				○	○		○	○
Y. HANGARES	○				○	○	○	○
P. UAM IZTAPALAPA				○				
K. ARAGON				○				
O. NEZAHUALCOYOTL				○				
D. I. M. P.				○				
W. BENITO JUAREZ				○				
R. TAXQUEÑA				○				
V. INSURGENTES				○				
A. CUITLAHUAC				○				

Nota: WD Dirección de viento WS Velocidad de viento

(1) Dirección del viento

En la Figura 3.3.1 se presentan las rosas de vientos de distribución

de vientos de diciembre de 1986 a noviembre de 1987. Según ellas, aparecen muchos vientos de dirección NO en la zona NO; NE en la zona NE; y SO en la zona S. En la zona central no se advierten direcciones predominantes de los vientos dignas de mención.

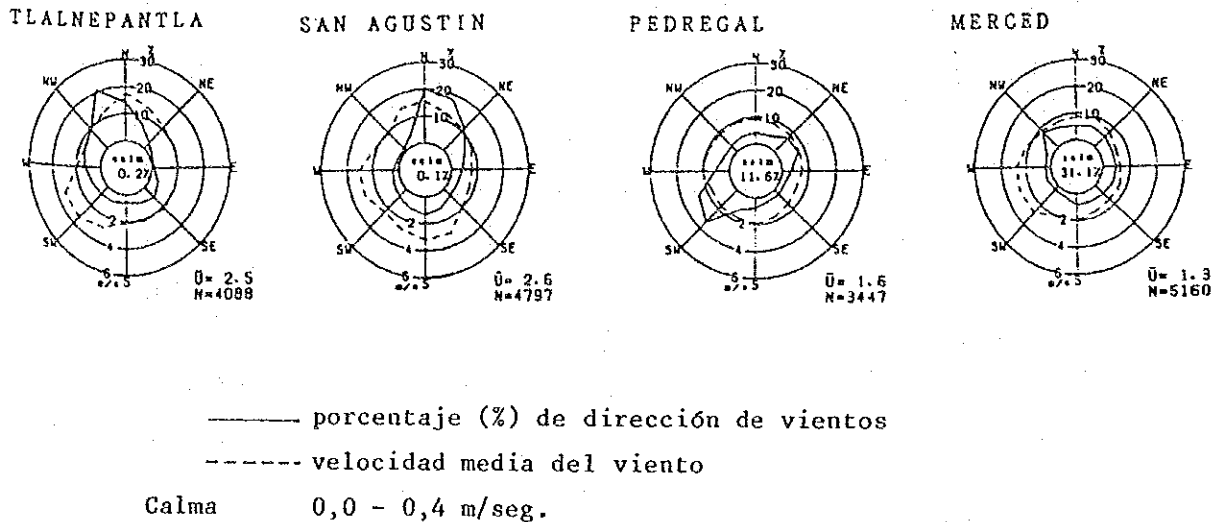


Fig. 3.3.2 Distribución (rosas) de los Vientos

(2) Velocidad del viento

1) Velocidad media anual del viento

Se muestra en la Tabla 3.3.2 la velocidad media anual del viento. En ENEP Acatlan, la velocidad es más fuerte con 3,9 m/s, en las estaciones de medición de noroccidentales y nororientales, la velocidad es de 2,0 - 2,6 m/s. Por otra parte, en la zona sur la velocidad es comparativamente pequeña, 1,5 a 1,6 m/s. En la zona central, Merced, es todavía más débil, 1,3 m/s.

Tabla 3.3.2 Resultados de la Medición Anual de la Velocidad del Viento (Dic.-1986/Nov.-87)

Estaciones	Velocidad de Viento (m/s)	Frecuencia de Calma (%)	Muestreo (horas)
TACUBA	2,3	1,3	2.555
ENEP ACATLAN	3,9	0,0	4.625
SAN AGUSTIN	2,6	0,1	4.798
TLALNEPANTLA	2,5	0,2	4.088
XALOSTOC	2,0	1,4	3.591
MERCED	1,3	31,1	5.160
PEDREGAL	1,6	11,6	3.447
C. DE LA EST.	1,5	13,8	5.565
PLATEROS	1,6	10,2	5.742
HANGARES	2,3	0,0	5.021

Definición: Calma \leq 0,4 m/s (velocidad de viento)

2) Velocidad media del viento por horas

Aparecen en la Figura 3.3.3 las velocidades medias del viento durante un año, ordenadas por horas. La tendencia parece ser que a partir de las 12 más o menos, la velocidad del viento va aumentando gradualmente, alrededor de las 18 horas presenta su máximo valor, para posteriormente reducirse y alcanzar su valor mínimo alrededor de las 7 de la mañana.

En la zona NO, en Enep Acatlan, no se advierten apenas diferencias horarias en cuanto a la velocidad del viento.

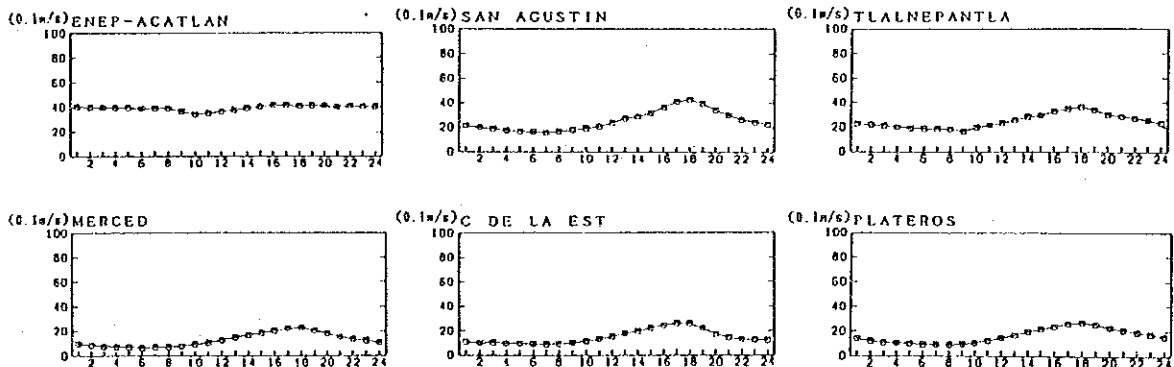


Fig. 3.3.3 Velocidad Media del Viento por Horas del Día (Dic.86/Nov.87)

3) Grado de estabilidad atmosférica

El grado de estabilidad atmosférica se clasifica según la tabla de clasificación utilizada en Japón que se basa en el método de F. Pasquill (1961). Para la clasificación de los datos de insolación y nubosidad se han utilizado los resultados de observaciones en el Aeropuerto. En la Figura 3.3.4 se muestra el grado de frecuencia de aparición por grados de estabilidad durante el año transcurrido entre diciembre de 1986 y noviembre de 1987.

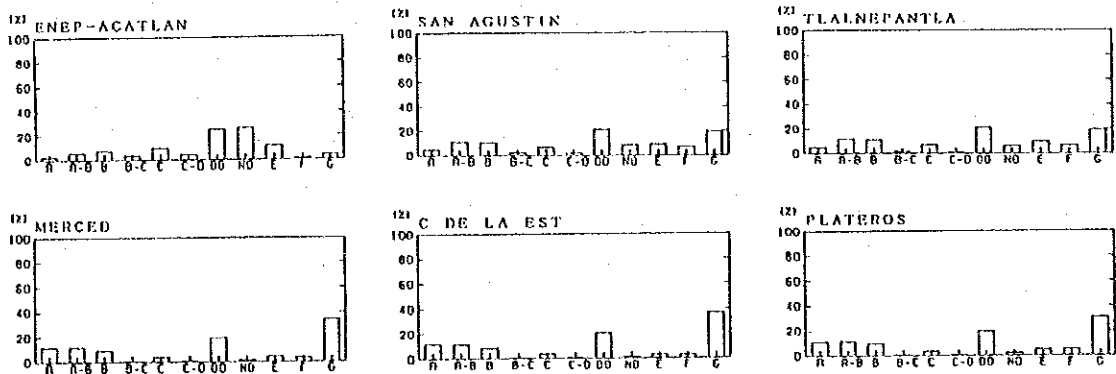


Fig. 3.3.4 Frecuencia de Estabilidad Atmosférica (Dic.86/Nov.87)

3.3.2 Concentración de Contaminantes en el Aire

- (1) Resultado de medición de valores anuales y situación de cumplimiento de las normas ambientales

Las normas ambientales de SO₂, NO₂, CO, O₃ y nivel recomendable de HC se indican en la Tabla 3.3.3.

Tabla 3.3.3 Normas de Contaminación Atmosférica

Contaminantes	Norma (ppm)
SO ₂	Promedio diario 0,13
NO ₂	Máximo/hora 0,12
CO	Promedio/8 horas 13
O ₃	Máximo/hora 0,11
HC	Máximo/hora 0,24 1)

Nota: 1) Valor recomendable

Fuente: SEDUE, INFORME SOBRE EL ESTAD DEL MEDIO AMBIENTE EN MEXICO, 1986.

1) SO₂

Los valores medios anuales de las estaciones de medición con relación al SO₂ oscilan entre 0,026 ppm (La Presa, Sta. Ursula) y 0,072 (Vallejo), siendo altos en la zona noroeste y bajos en la zona sur de la Ciudad.

Las normas ambientales (promedio diario, 0,13 ppm) se han superado un día en Tacuba, Los Laureles y Merced, y 17 días en Vallejo. El valor medio diario máximo oscila entre 0,047 ppm (San Agustín) y 0,243 ppm (Vallejo).

2) NO₂

Los valores medios anuales de las estaciones de medición excepto Xalostoc con relación al NO₂ oscilan entre 0,037 ppm (Pedregal) y 0,049 ppm (Merced). Debido a pocas mediciones realizadas en la estación de Xalostoc, no se pudo evaluar los datos de dicha estación.

El valor máximo horario osciló entre 0,263 ppm (Merced) y 0,322 ppm (Tlalnepantla), las infracciones de la norma ambiental de 0,21 ppm se superan como puede verse en 17 horas, y frecuentemente en Merced.

3) CO

Los valores medios anuales de las estaciones de medición con relación al CO oscilan entre 1,8 ppm (UAM Iztapalapa) y 6,7 ppm (Insurgentes), siendo altos en las zonas próximas a las grandes vías principales, como Cuitlahuac, Insurgentes y Taxqueña.

El valor máximo medio anual de 8 horas (según el método de control estadístico de valores de medición de CO en Japón, se toma un valor medio de cada una de las franjas horarias 0 - 8 horas, 6 - 16 horas y 16 - 24 horas, exceptuándose las franjas horarias que no cumplen 6 horas de medición de valores horarios) va de 4,5 ppm (Xalostoc) a 31,6 ppm (I.M.P.); las infracciones de la norma ambiental de 13 ppm se superan en seis estaciones. Las estaciones de medición en zonas próximas a las grandes vías principales, como Cuitlahuac, Insurgentes y Taxqueña, frecuentemente infringen la norma ambiental, en 50, 13, y 7 ocasiones, respectivamente.

4) Oxidante fotoquímicos

Los valores máximos horarios durante el día de las estaciones de medición con relación a los oxidantes fotoquímicos oscilan entre 0,154 ppm (San Agustín) y 0,495 ppm (Pedregal). La norma ambiental de 0,11 ppm es infringida por todas las estaciones de medición.

5) HC

Los valores medios anuales de las estaciones de medición con relación al HC oscilan entre 0,23 ppmC (Hangares) y 0,34 ppmC (Merced), siendo altos en Merced en el centro de la Ciudad de México. Los valores máximos horarios son de 1,12 ppmC (Hangares) a 4,57 ppmC (Tacuba), y la norma ambiental de 0,24 ppmC es infringida por todas las estaciones de medición.

(2) Cambio mensual de concentración de contaminantes en el aire

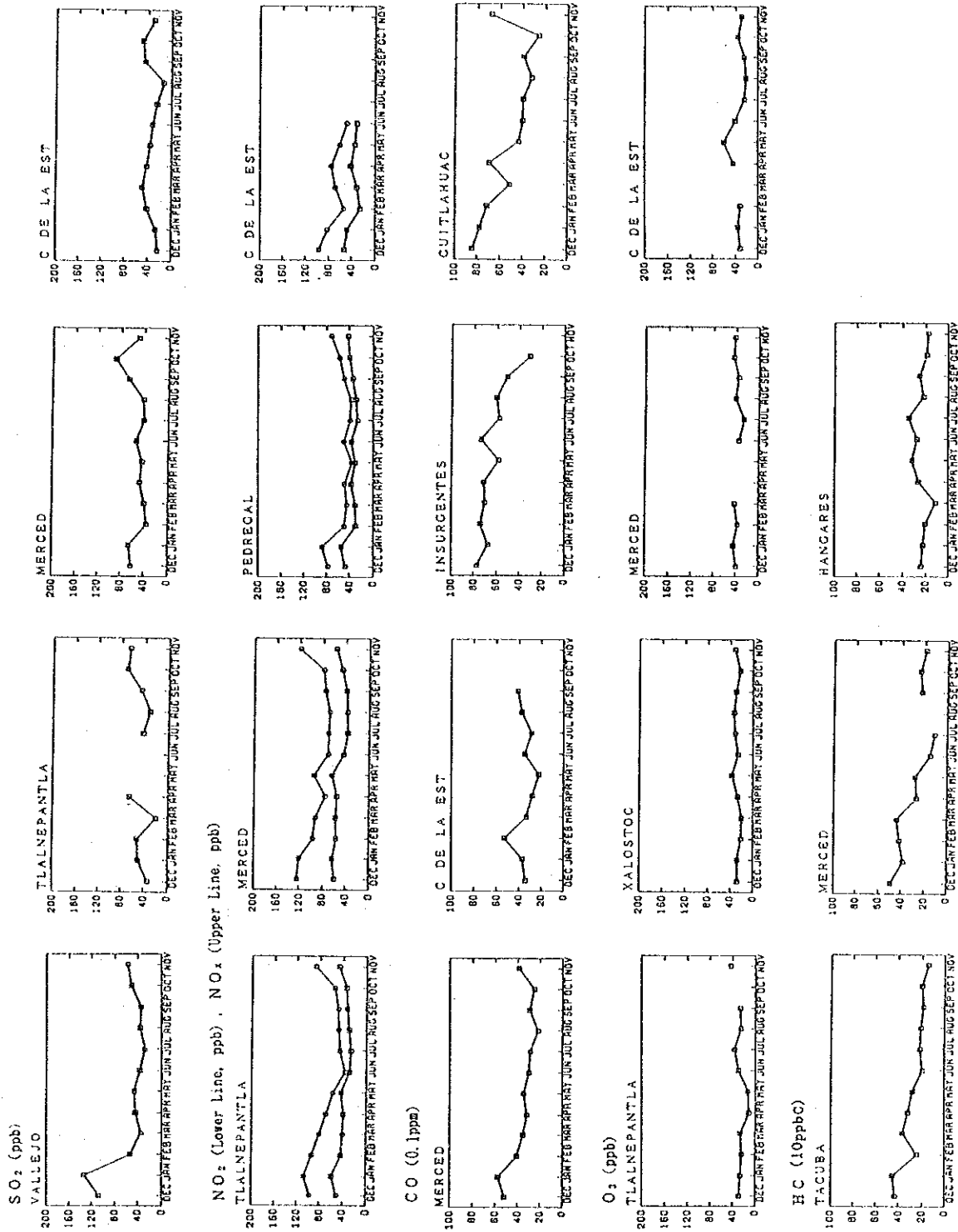


Fig. 3.3.5 Concentración Media Mensual de los Contaminantes (Dic.86/Nov.87)

Los cambios de valores medios anuales de concentración atmosférica de cada tipo de contaminante se expresan en la Figura 3.3.5. Además, es necesario prestar atención al interpretar los cambios de valor medio mensuales, puesto que el número de horas de medición de abril y mayo de 1987 para todos los contaminantes es extraordinariamente pequeño.

1) SO₂

Existe una tendencia a aumentar la densidad en la estación seca, en todas las estaciones, salvo C. de la Est, de octubre a febrero.

2) NO₂

En general, alta densidad entre noviembre y abril, en paralelo con los cambios de concentración de SO₂.

3) CO

En general, alta densidad entre noviembre y marzo, en paralelo con los cambios de concentración de SO₂ y NO₂.

Además, el valor medio anual es alto, y en Insurgentes, donde la frecuencia de infracción de las normas es alta, los cambios mensuales de concentración son pocos.

4) O₃

Se advierte una tendencia al aumento entre abril y julio; en esta época las horas de medición son pocas, y no pueden investigarse los cambios mensuales de concentración.

La concentración es alta en el mes de mayo en las estaciones Xalostoc y C. de la Estrella.

Debido a la insuficiencia de horas de medición, no se puede realizar una revisión más profunda.

5) HC

En Tacuba y Merced, altos niveles entre diciembre y marzo. En Hangares existe la tendencia contraria.

(3) Cambios horarios de concentración de contaminantes en el aire

Valores medios horarios de un año, durante Dic. 1986 - Nov. 1987 se muestran en la Figura 3.3.6.

1) SO₂

Se advierte un cambio hacia el aumento de concentración desde las siete de la mañana aproximadamente, llegando al máximo a las 9 - 10 horas. Esta tendencia puede verse en las estaciones de medición que registran valores altos comparativamente.

2) NO₂

Existe una tendencia a que el NO₂ aumente su concentración por la mañana, a las mismas horas que el SO₂. Frente a esto, el NO_x aumenta su concentración a horas más tempranas que el NO₂. Esta tendencia puede verse en las estaciones de medición que registran valores altos comparativamente.

3) CO

Del mismo modo que el NO_x, su concentración aumenta por la mañana. El aumento nocturno de concentración puede verse en estaciones de medición que registran valores altos comparativamente, como por ejemplo Cuitlahuac.

4) O₃

La concentración aumenta a partir de las nueve de la mañana, alcanza su valor máximo alrededor de las 13 horas, y después

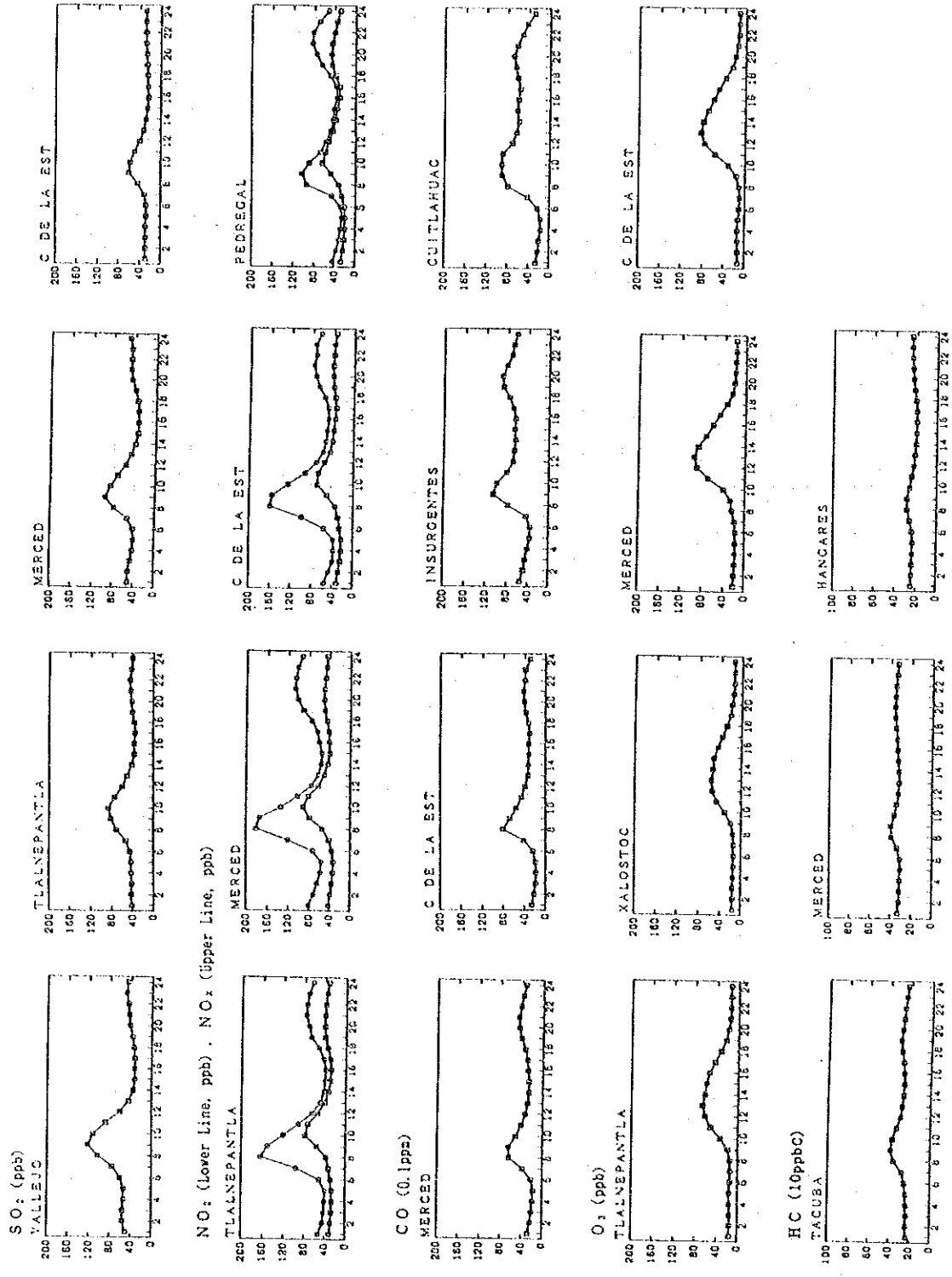


Fig. 3.3.6 Concentración Media de los Contaminantes por Hora del Día (Dic.-86/Nov.-87)

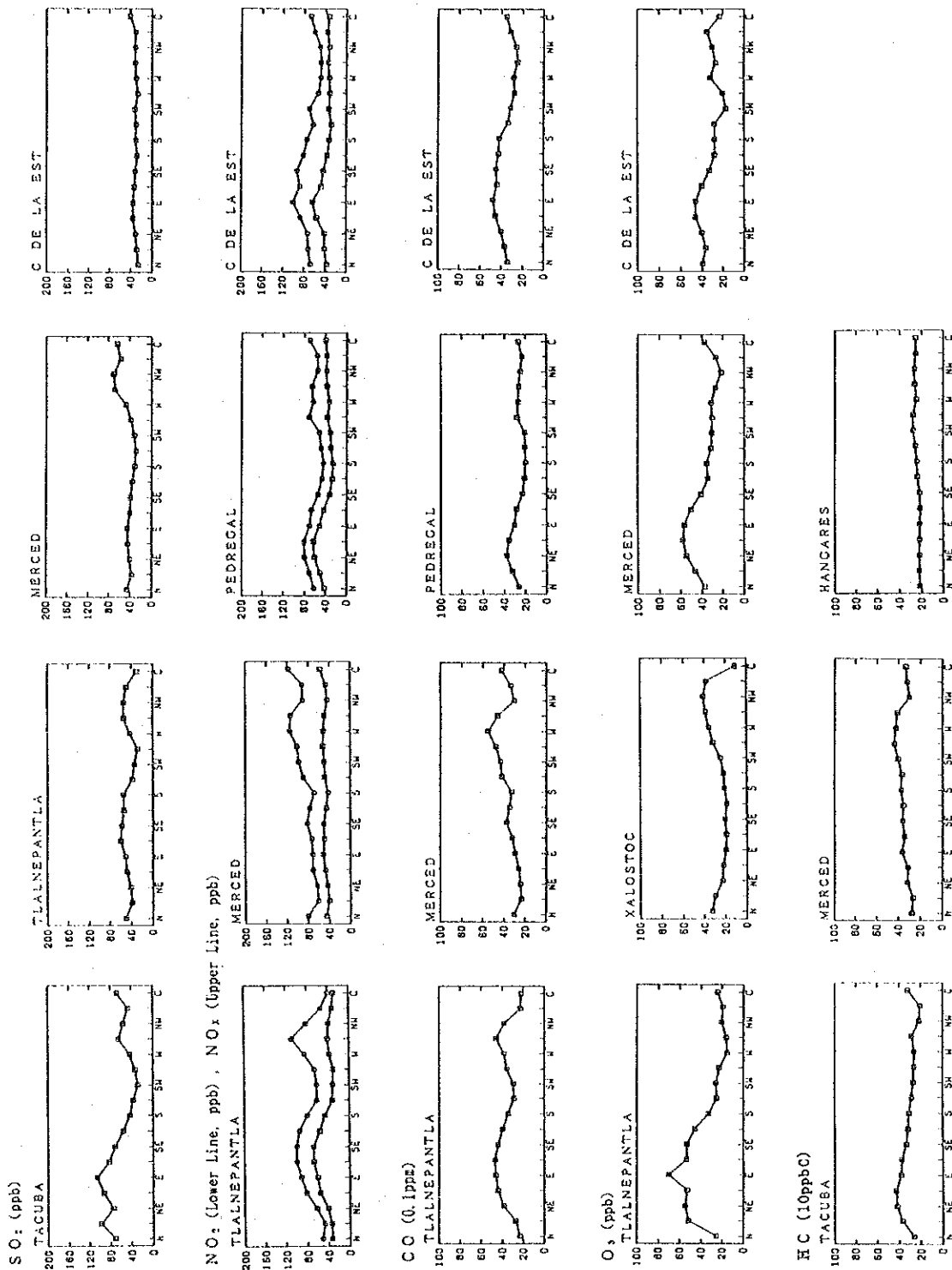


Fig. 3.3.7 Concentración Media de Contaminantes Clasificada por la Dirección del Viento (Dic.86/Nov.87)

comienza a reducirse.

5) HC

La concentración aumenta a partir de las siete de la mañana, alcanza su valor máximo alrededor de las 9, la variación por hora no es muy notable como en los casos de otros contaminantes.

3.3.3 Relación Entre la Calidad del Aire y la Meteorología

La situación de la concentración atmosférica por elementos meteorológicos (dirección y velocidad del viento, grado de estabilidad atmosférica) de las estaciones de medición, se describe a continuación.

(1) Concentración media de contaminantes por dirección del viento (Figura 3.3.7)

1) SO₂

En las estaciones de medición que registran valores medios anuales comparativamente altos, se advierte un aumento de concentración por causa de la dirección del viento en Tacuba, dirección N-E, y Merced, viento procedente del NO.

2) NO₂, NO_x, CO

Las concentraciones medias por dirección del viento del NO₂, NO_x y CO se parecen mucho. Se considera que ello se debe a la influencia de los gases emitidos por los vehículos.

3) O₃

Generalmente, se observa la concentración alta con el viento de la dirección NE y baja con el viento de la dirección SE excepto Xalostoc.

4) HC

Pocos cambios de concentración por la dirección del viento.

(2) Concentración media de los Contaminantes por grado de estabilidad atmosférica (Figura 3.3.8)

1) SO₂

Variación de la concentración por la estabilidad atmosférica es poca excepto Tacuba, en dicha estación la concentración es alta en tiempo de inestabilidad A, AB y C, se considera que esto se debe a la influencia de las fuentes contaminantes cercanas a la estación.

2) NO₂, NO_x

La concentración es relativamente alta en el tiempo de inestabilidad A, AB y B, en el tiempo de estabilidad G. Alta concentración de NO_x se observa en las horas de la mañana cuando la atmósfera está inestable, y en la noche, en momentos de estabilidad.

3) CO

Misma tendencia que el NO_x.

4) O₃

En momentos de fuerte inestabilidad atmosférica, su concentración es alta; en la medida en que se va llegando a la neutralidad, y estabilidad, la concentración se reduce.

Se considera que los contaminantes de reacción fotoquímica están inertes durante la noche y horas tempranas cuando la atmósfera está estable, y de día al volverse inestable el aire por la radiación solar los contaminantes se vuelven activos con la reacción fotoquímica produciendo ozono.

5) HC

Pocos cambios de concentración por el grado de estabilidad atmosférica.

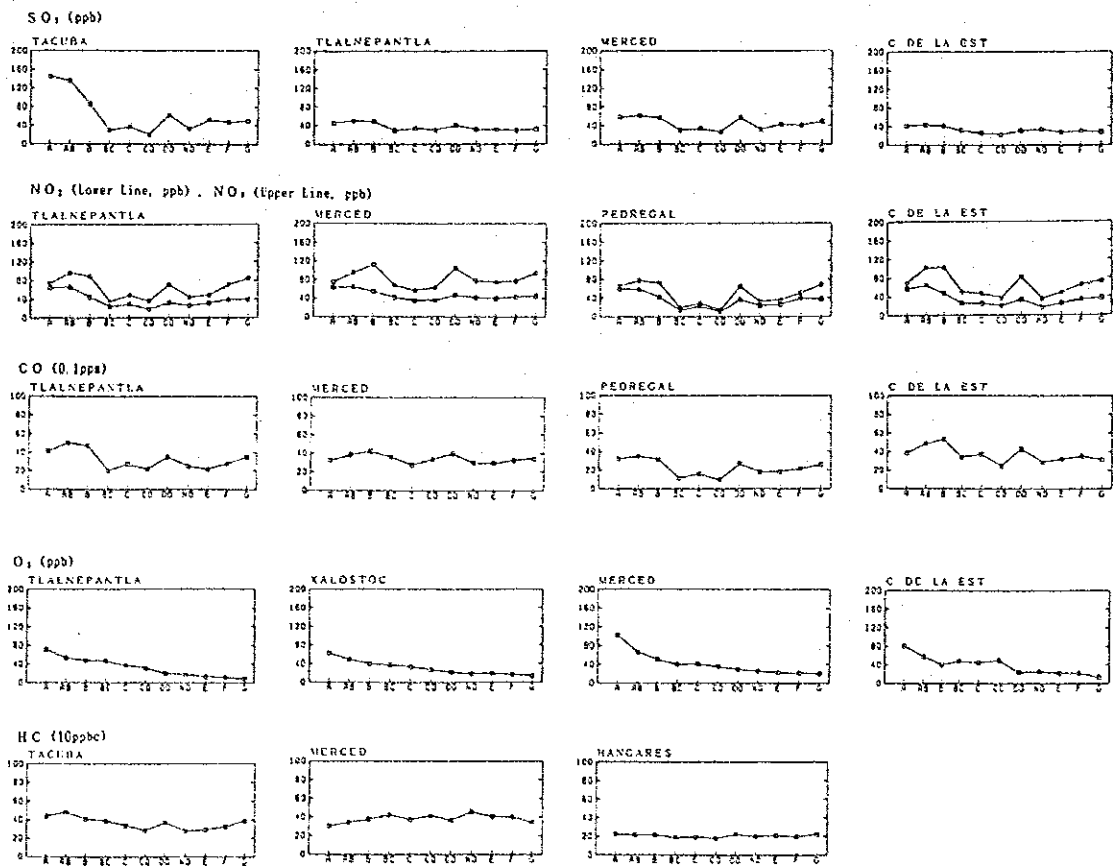


Fig 3.3.8 Concentración Media por Grado de Estabilidad Atmosférica (Dic.86/Nov.87)

3.4 FUENTES DE LAS SUSTANCIAS Y PARTICULAS CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Investigación de las fuentes de contaminantes es una de las tareas más importante, para el plan de control de contaminación, los datos fiables de fuentes de contaminantes se puede utilizar para varios objetivos, en esta estudio, el objetivo principal de la investigación de las fuentes es estimar la cantidad de emisión de los contaminantes para preparar un "modelo de fuentes de contaminantes" como un elemento esencial de la simulación de la calidad del aire.

En esta sección se describen los procedimientos y resultados de varias investigaciones realizadas sobre las fuentes y se presenta la cantidad estimada de los contaminantes emitidos según los resultados.

(1) Area

La área de investigación fue como se indica en la Figura 1.2.1, con una dimensión de 40 Km de Este a Oeste y 60 Km de Norte a Sur, por lo tanto, no cubre toda el área del Valle de México.

(2) Tipo y fuentes de contaminantes considerados

Los tipos de los contaminantes y las fuentes y sus principales objetivos se indican en el cuadro siguiente.

Contaminantes	Fuentes consideradas	Objetivo principal
SO _x	Fuentes móviles • Automóviles • Avión Jet Fuentes fijas • Fábricas • Establecimientos comerciales y de servicios en D.F.	Para la preparación del modelo de simulación de la calidad del aire
CO	Sólo automóviles (Por ser insignificantes las otras fuentes)	Idem

Contaminantes	Fuentes consideradas	Objetivo principal
Humo y Hollín	Fuentes fijas . Fabricas . Establecimientos comerciales y de servicios	Análisis de contribución de las fuentes móviles para la concentración de T.P.S (total de partículas suspendidas) en el ambiente por el método de CMB (Equilibrio de masa química)

Nota: Establecimientos comerciales y de servicios incluyen hoteles, hospitales, baños públicos, lavanderías, panaderías y otras pequeñas industrias

(3) Estimación

Para desarrollar un modelo de simulación de las fuentes de SO_x , NO_x , y CO se requiere no solo la cantidad total emitida sino las informaciones detalladas de cada fuente tales como la ubicación específica de la fuente, altura y diámetro de la chimenea, variación de emisión por estación y por hora, etc.

Considerando estos requisitos, la investigación de las fuentes fue realizada fuente por fuente para las grandes emisores y camino por camino para los automóviles en las vías principales, así mismo cuadrícula por cuadrícula para las fuentes fijas pequeñas y automóviles en las vías secundarias.

Sin embargo, debido a varias restricciones en la investigación incluyendo la limitación del tiempo, no fue posible cubrir todas las fuentes del área.

Las fuentes excluidas son las siguientes:

- Establecimientos comerciales y de servicios en el Estado de México
- Automóviles de las vías secundarias que están fuera del área de 20 Km x 30 Km y algunas vías principales del Área de Estado de México

- Número de automóviles incrementado después de los años en que fueron realizada las investigaciones de tránsito
- Otras fuentes desconocidas

La estimación de la cantidad de los contaminantes emitidos en el área con las condiciones mencionadas arriba dará un valor menor que el actual y la porción no contada en el modelo de fuentes en la simulación de la calidad del aire se expresa como concentración natural del medio ambiente.

3.4.1 Fuentes Móviles

Los automóviles y los aviones jet fueron considerados como fuentes móviles, los automóviles consisten prácticamente total de los contaminantes emitidos de las fuentes móviles.

En la Figura 3.4.0 se indican los procedimientos de la estimación de la emisión de los contaminantes de los automóviles.

(1) Automóviles

1) Volumen de tránsito

La red de vías principales en el área del estudio se presenta en la Figura 3.4.1. Se clasifica a continuación las vías principales de la zona de la Ciudad de México.

- VIAS DE ACCESO CONTROLADO: Anillo Periférico, Circuito Interior Viaducto Miguel Aleman, Viaducto Tlalpan.
- EJES VIALES: que se extienden perpendicularmente de norte a sur y de este a oeste.
- VIAS PRINCIPALES: Paseo de la Reforma, Insurgentes, Calzada I. Zaragoza.

Además, como vías principales del Estado de México, se pueden

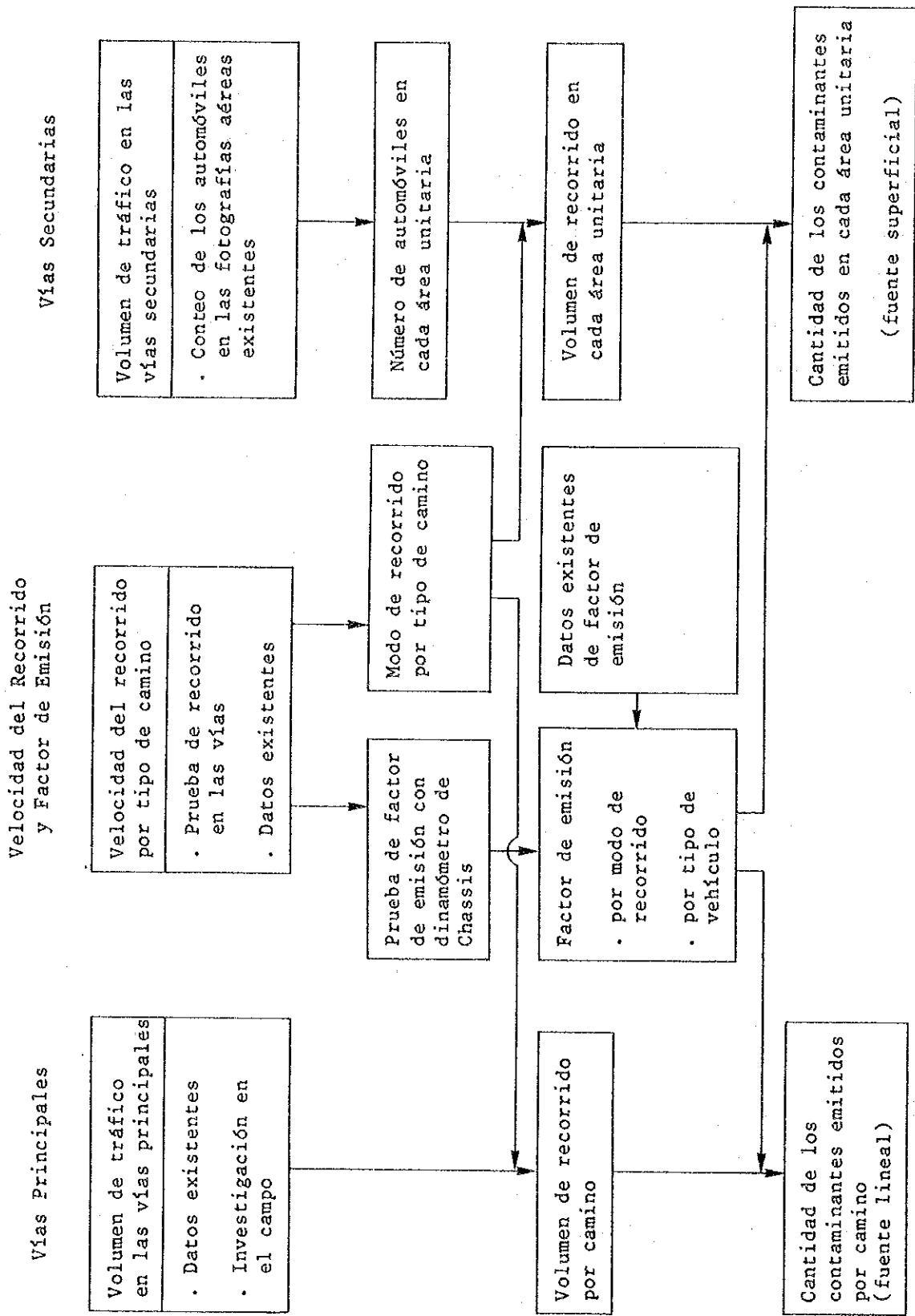


Fig. 3.4.0 Procedimiento para la Estimación de la Cantidad de Contaminantes Emitidos por Los Automóviles

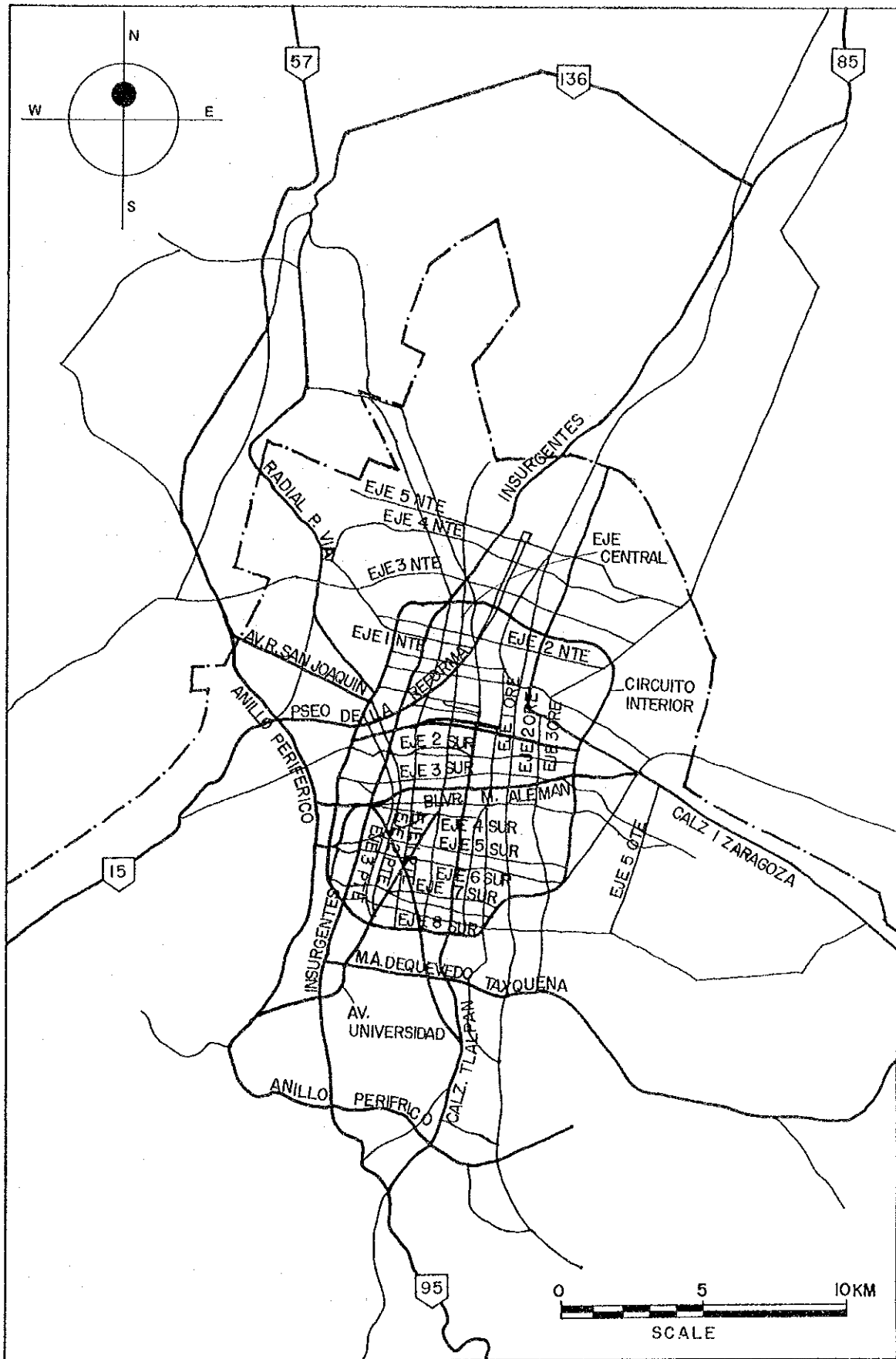


Fig. 3.4.1 Mapa de la Red de Vías Principales de la Ciudad de México

citar la prolongación del Anillo Periférico, Carretera Nacional No. 57, la prolongación de Insurgentes, Carretera Nacional No. 85, y la que une éstas, la Nacional No. 136.

En el presente estudio, con relación al volumen de tráfico de las vías principales citadas, se han tomado como base los resultados del "Estudio de Volumen de Tránsito" realizado por DDF en 1986 (36 vías, 311 puntos de estudio) y el estudio de "Volumen de Tránsito" recibido del Gobierno del Estado de México (28 puntos de estudio). Con el fin de complementar estos estudios, se llevó a cabo un estudio de volumen de tráfico en julio de 1987 en veintiún puntos de las principales vías principales.

En cuanto al volumen de tránsito de las vías secundarias, se estimó contando el número de vehículos en las fotografías aéreas tomadas en 1985 - 1986. Al mismo tiempo que se efectuó la investigación de volumen de tránsito en las vías principales en julio de 1987, se realizó también investigación similar en 9 puntos sobre las vías secundarias.

1 Vías principales

a. Volumen de tránsito por día

Según la investigación del volumen de tránsito por DDF (1986), hay mayor tráfico en las vías de Acceso Controlado que entre las vías principales de la Ciudad de México.

En muchas vías el número total de los vehículos que pasan por día sobrepasan de 100.000. Por otra parte el tráfico en los Ejes Viales se mantiene debajo de 100.000 vehículos por día.

En otras vías principales, 35.000 - 120.000 vehículos/día en Insurgentes, 20.000 - 90.000 en Paseo de la Reforma y

en algunos lugares sobre Calz. I. Zaragoza excedió de 160.000 vehículos/día.

Respecto al área del Estado de México, en general el tráfico es menos en comparación con el de las vías principales de la Ciudad de México, con excepción de algunos lugares sobre la Vía Gustavo Baz que pasa por la zona industrial norte así como en ciertos tramos sobre la carretera nacional número 85 en las que el tráfico sobrepasa de 100.000 vehículos/día.

b. Diferencias según la hora

Según el informe del estudio del volumen de tráfico del DDF (1986), pueden señalarse como características de diferencias según la hora (días hábiles) en volumen de tráfico de vehículos en la Ciudad de México los hechos de que la concentración del volumen de tráfico es extraordinaria entre las 7 a las 9 de la mañana, que en los extrarradios de la ciudad el volumen de tráfico se concentra en horas relativamente tempranas, y que el máximo volumen en el centro de la ciudad se alcanza entre las 12 y las 13 horas. Vuelve a haber otro máximo al atardecer, en las horas de regreso al domicilio.

c. Composición de tipo de vehículos

Según los resultados del estudio de volumen de tránsito de JICA (1987), contemplando los cambios de composición de tipo de vehículos en el volumen de tráfico en vías principales durante 12 horas diurnas, la proporción de los automóviles de pasajeros superan el 80%, siendo el resto autobuses, camiones y camionetas.

No obstante, en Calzada I. Zaragoza, se advertía tanto los días hábiles como los festivos un reparto de menos

del 60% de automóviles de pasajero y el resto camionetas y autobuses, presentando un fuerte contraste con otras vías principales.

2 Vías secundarias

En la tabla 3.4.1 se da un resumen de la estimación del número de vehículos existentes en recorrido por la interpretación de las fotos aéreas efectuada en esta investigación.

Visto por delegaciones, tomando 120 cuadrículas como objeto del estudio el número medio de vehículos en circulación por cuadrícula de 1 km² es de 300. La composición de vehículos por clases es de 80% aproximadamente de pasajero, y el resto autobuses, camionetas y camiones, presentando una tendencia parecida a las proporciones respectivas de las vías principales.

Por delegaciones, centro de la Ciudad de México, Cuauhtemoc, presenta el máximo, 629 vehículos/cuadrícula, seguido por Benito Juárez y Coyoacan, al sur, con más de 300 vehículos/cuadrícula.

Por clases de vehículos, la proporción máxima en todas las delegaciones la representan los de pasajeros, aunque en las zonas residenciales nuevas, como Iztacalco, Iztapalapa, Tlahuac y zonas del Estado de México la proporción de autobuses y camionetas es alta.

Tabla 3.4.1 Resultados de la Conteo del Número de los Automóviles de Pasajero en Vías Secundarias

DELEGACIONES	Average Vehicle Density (vehicles/km ²) (%)				
	Passenger Cars	Buses	Trucks	Combis	Total
ALVARO OBREGON	164 (82.0)	6 (3.0)	16 (8.0)	14 (7.0)	200 (100.0)
AZCAPOTZALCO	126 (74.6)	9 (5.3)	25 (14.8)	9 (5.3)	169 (100.0)
BENITO JUAREZ	322 (83.6)	5 (1.3)	30 (7.8)	28 (7.3)	385 (100.0)
COYOACAN	307 (83.9)	4 (1.1)	29 (7.9)	26 (7.1)	366 (100.0)
CUAUHTEMOC	509 (80.9)	10 (1.7)	60 (9.5)	50 (7.9)	629 (100.0)
GUSTAVO A. MADERO	109 (79.6)	8 (5.8)	11 (8.0)	9 (6.6)	137 (100.0)
IZTACALCO	62 (71.3)	3 (3.4)	12 (13.8)	10 (11.5)	87 (100.0)
IZTAPALAPA	112 (71.3)	5 (3.2)	26 (16.6)	14 (8.9)	157 (100.0)
MAGDALENA CONTRERAS	154 (80.2)	4 (2.1)	27 (14.1)	7 (3.6)	92 (100.0)
MIGUEL HIDALGO	202 (83.5)	7 (2.9)	18 (7.4)	15 (6.2)	242 (100.0)
TLAHUAC	28 (48.3)	4 (6.9)	13 (22.4)	13 (22.4)	58 (100.0)
TLALPAN	106 (79.7)	4 (3.0)	12 (9.0)	11 (8.3)	133 (100.0)
VENUSTIANO CARRANZA	149 (75.3)	14 (7.1)	20 (10.1)	15 (7.6)	198 (100.0)
XOCHIMILCO	118 (83.1)	4 (2.8)	14 (9.9)	6 (4.2)	142 (100.0)
ESTADO DE MEXICO	114 (65.5)	10 (5.7)	31 (17.9)	19 (10.9)	174 (100.0)
Promedio	241 (80.3)	23 (7.7)	7 (2.3)	29 (9.7)	300 (100.0)

Nota: Cifras superiores: Número de vehículos (unidades/km²)
Entre paréntesis: Porcentaje por clases (%)

2) Velocidad de recorrido de los vehículos

1 Vías principales

La velocidad de circulación de los vehículos en las vías principales, basada en materiales existentes y resultados del estudio de velocidad realizado por el grupo del estudio en julio de 1987 se divide en cinco segmentos: 20 km/h (o menos), 25 km/h, 30 km/h, 45 km/h y 60 km/h.

2 Vías secundarias

La velocidad de circulación en vías secundarias se determinó tomando como base los resultados del estudio de velocidad en vías secundarias realizado por DDF entre agosto y noviembre de 1987.

3) Coeficiente de emisión de gases de vehículos

La determinación de este factor se realizó practicando pruebas con dinamómetro de chasis y además estudiando las situaciones de matriculación de vehículos en la Ciudad de México, la de las normas de emisión de gases y coeficientes de emisión existentes en EE. UU. y Japón.

1 Prueba con dinamómetro de chasis

Para comprender las características de los gases de emisión de los vehículos que circulan dentro del área de la Ciudad de México, se realizó una prueba con dinamómetro de chasis. El número de vehículos probado fue 28 y los ítems fueron HC, CO, óxidos de nitrógeno y el consumo de combustible. Las modalidades de la prueba fueron tres, a saber: la LA-4 (Hot Start) Modo-10 y Modo de Alta Velocidad (velocidad constante de 60 km/h).

2 Determinación del coeficiente de emisión de gases por tipo de vehículo

a. Clasificación de vehículos por clases

Se clasifican en automóviles de pasajero, camiones, autobuses grandes y combi (autobuses colectivos de pequeño tamaño). Los automóviles de pasajero se dividieron por año de fabricación y número de cilindros, se determinó el coeficiente respectivo de emisión de gases, para cada división. El coeficiente de SO_x , sin embargo, se calculó según el consumo de combustible y el contenido de azufre en el combustible. Determinando el combustible utilizado por tipos de vehículos; diésel para autobuses, y gasolina para todos los demás tipos, y tomando como base de cálculo peso específico de 0,75 y contenido de azufre 0,13% para la gasolina, y 0,85 y 0,53%, respectivamente, para el diésel de acuerdo a las normas de combustible en México.

b. División por modos de emisión de gases

Se dividen en dos: alta (60 km/h) y baja (30 km/h) velocidad. El coeficiente de emisión de gases de baja velocidad es según el Modo LA-4, y el de Alta Velocidad es el de a 60 km/h.

c. Vías y modalidad de emisión de gases

Las modalidades de emisión de gases en vías principales y secundarias se determinaron por separado para días hábiles y festivos, distinguiendo entre alta y baja velocidad.

d. Coeficiente de emisión de gases

El coeficiente de emisión de gases por modalidades de emisión y por clases de vehículos, calculado según las condiciones de determinación antes citadas, se presenta en la Tabla 3.4.2.

Tabla 3.4.2 Coeficiente de Emisión por Tipo de Vehículo

Tipo de automóviles	Items	Modo de recorrido		Combustibles
		Velocidad baja	Velocidad alta	
Automoviles de pasajeros	HC (g/km)	2,63	1,11	Gasolina
	CO (g/km)	33,66	18,75	
	NO _x (g/km)	1,05	0,75	
	SO ₂ (g/km)	0,21	0,11	
	Rendimiento de combustible (km/l)	9,23	17,27	
Camiones de carga	HC (g/km)	7,61	3,41	Gasolina
	CO (g/km)	84,19	40,15	
	NO _x (g/km)	1,48	5,87	
	SO ₂ (g/km)	0,37	0,22	
	Rendimiento de combustible (km/l)	5,32	8,71	
Autobuses	HC (g/km)	5,50	4,76	Diesel
	CO (g/km)	7,66	6,77	
	NO _x (g/km)	12,37	11,61	
	SO ₂ (g/km)	15,27	11,55	
	Rendimiento de combustible (km/l)	0,59	0,78	
Combi	HC (g/km)	5,81	0,82	Gasolina
	CO (g/km)	47,18	12,53	
	NO _x (g/km)	1,88	1,61	
	SO ₂ (g/km)	0,26	0,12	
	Rendimiento de combustible (km/l)	7,53	15,91	

4) Volumen de emisión de gases de los vehículos

Se ha calculado la distancia total recorrida de los vehículos y el volumen de emisión de materias contaminantes, utilizando los volúmenes de tráfico obtenidos en el punto 1 y los coeficientes de emisión de gases obtenidos en el punto 4.

1 Distancia total recorrida por clase de vehículos

En la Tabla 3.4.3 se indica la distancia total recorrida por clase de vehículos. El concepto "Source" (origen) de esta tabla divide en línea y área correspondiendo las vías principales para línea (line) y vías secundarias para área.

Como puede verse en dicha tabla, las distancias recorridas totales por clase de vehículo se desglosan del modo siguiente: de pasajeros, 77,8%, y, en orden de importancia decreciente, camiones, camionetas y autobuses.

Tabla 3.4.3 Volumen de Tráfico (unidades: vehículos x 1.000 km/día)

Tipo de automóviles	Fuente		Total
	Lineal	Superficial	
Automóviles de pasajeros	32507	28460	60967 (77,8)
Autobuses	981	1253	2234 (2,9)
Camiones de carga	4698	4417	9115 (11,6)
Combi	2696	3311	6007 (7,7)
Total	40882	37441	78323 (100,0)

2 Consumo de combustibles por clase de vehículos

En la Tabla 3.4.4 pueden verse las cifras de consumo de combustible por día y tipo de vehículo.

Tabla 3.4.4 Consumo de Combustible por Vehículos y Día

(unidades: kl/día)

Clasificación	Fuentes		Total	Combustibles
	Línea	Superficial		
Automóviles de pasajeros	2896	3083	5979	Gasolina
Autobuses	1566	2124	3690	Diesel
Camiones de carga	757	830	1587	Gasolina
Combi	304	440	744	Gasolina

3 Volumen de emisión total de contaminantes por clase de vehículo

La cantidad total de emisión de gases por clase de vehículo se indica en la Tabla 3.4.5 y la Figura 3.4.2, en gases emitidos en un período anual.

La proporción de emisión de contaminantes por clase de vehículo se indica en la Tabla 3.4.6. Con relación al CO, los de pasajero producen el 65% y los camiones el 25%; con relación al SO₂, los autobuses generan el 67% y los de pasajeros el 24%; con relación al NO_x, los de pasajeros producen el 54% y los autobuses el 24%; con relación a HC, los de pasajero emiten el 59% y los camiones el 24%.

Tabla 3.4.6 Contribución a la Tasa de Contaminantes por Tipo de Vehículo

Clasificación	Automóviles de pasajeros	Autobuses	Camiones de carga	Combi	Total
CO	65,4	0,6	25,0	9,0	100
SO ₂	23,8	67,4	6,1	2,7	100
NO _x	53,5	24,2	12,4	9,9	100
HC	58,5	4,9	23,8	12,8	100

Tabla 3.4.5 Intensidad de Emisión Anual de Contaminantes por Vehículos (unidades: 10³ t/año)

Unit: 1000 ton/year

Clasificación	Línea				Area (Superficial)				Total			
	CO	SO ₂	NOX	HC	CO	SO ₂	NOX	HC	CO	SO ₂	NOX	HC
Automóviles de pasajeros	336.9	2.1	11.2	24.8	349.8	2.2	10.9	27.3	686.7	4.3	22.1	52.1
Autobuses	2.6	5.2	4.3	1.9	3.5	7.0	5.7	2.5	6.1	12.2	10.0	4.4
Camiones de carga	123.8	0.5	2.7	9.8	139.2	0.6	2.4	11.4	263.0	1.1	5.1	21.2
Combi	37.3	0.2	1.8	4.4	57.0	0.3	2.3	7.0	94.3	0.5	4.1	11.4
Total	500.6	8.0	20.0	40.9	549.5	10.1	21.3	48.2	1050.1	18.1	41.3	89.1

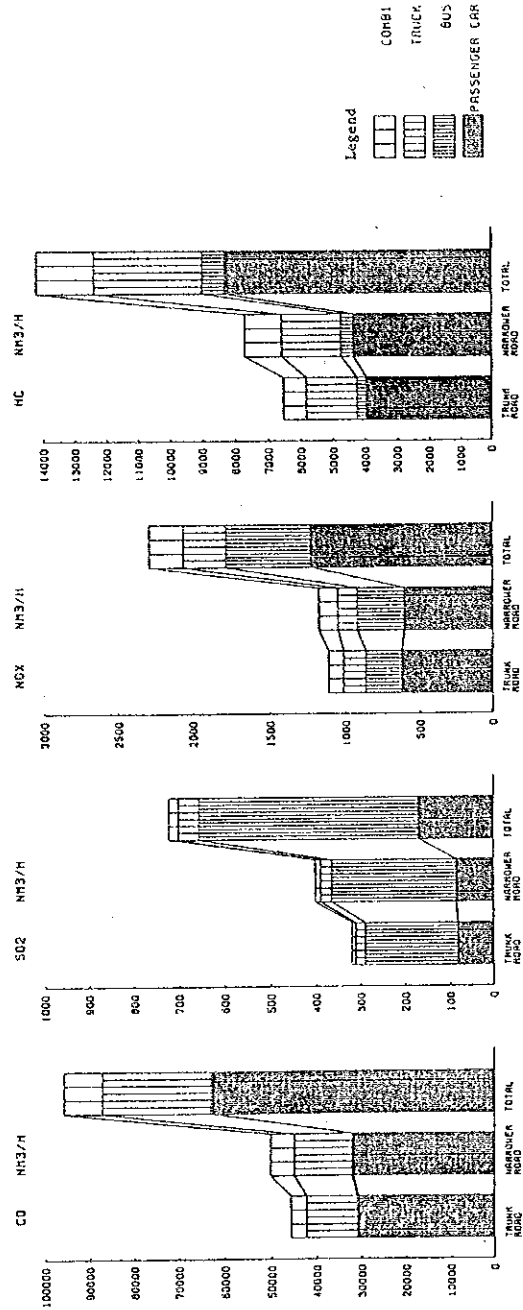


Fig. 3.4.2 Volumen de Emisión Anual de Contaminantes

(2) Aviones

El movimiento anual de aterrizajes y despegues del Aeropuerto Internacional de México en 1986 es de 155.534 aparatos a reacción (JET) y 21.444 aviones ligeros.

Como fuente de contaminación por aviones se estudiaron los de reacción, por su gran número de movimientos e importancia de su coeficiente de emisión de contaminantes. Con relación a contaminantes generados por aviones, se calculó a partir de materiales de estudio existentes, la emisión de SO_x y NO_x por tipo de avión, la emisión de NO_x por modalidad de vuelo, y el consumo de combustible.

Según dichas condiciones, el volumen de emisión de contaminantes, es de 28 t/año de SO_x , y de 189 t/año de NO_x .

3.4.2 Estudio de Fuentes Fijas de Contaminación

La estimación de la emisión de los contaminantes de las fuentes fijas fue hecha basándose en las encuestas de las industrias, los datos de establecimientos comerciales y de servicios proporcionados por DDF, las informaciones existentes sobre el factor de emisión y el resultado de mediciones de emisiones de gases efectuadas en las industrias seleccionadas.

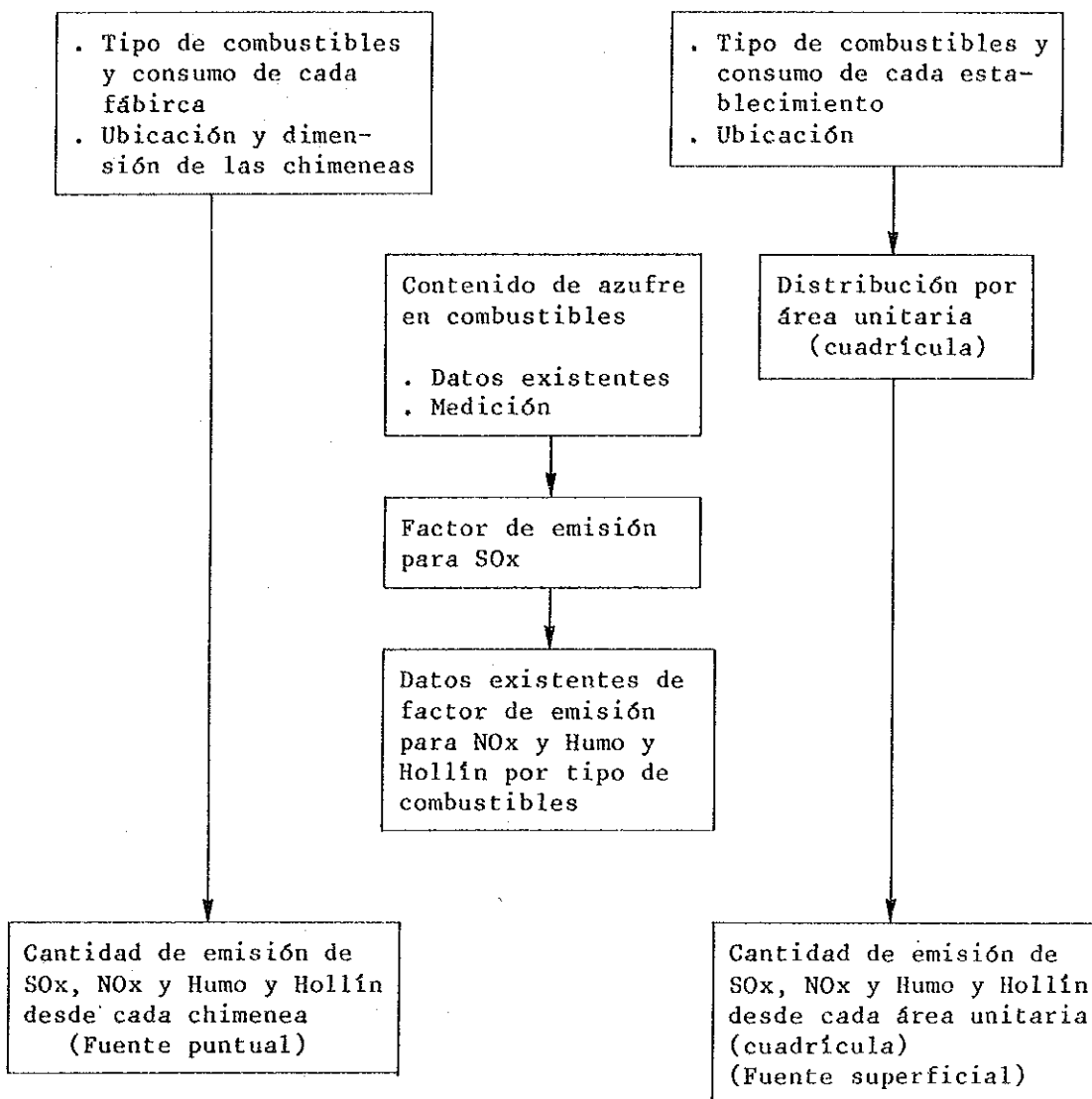
El procedimiento para la estimación se indica en el diagram siguiente.

Fábricas

Establecimientos Comerciales y de Servicios

Investigación por medio de encuesta

Investigación de DDF



Procedimiento para la Estimación de la Cantidad de Emisión de los Contaminantes desde las Fuentes Fijas

(1) Medición de gases producidos por fábricas

Como lugares de medición se seleccionaron 20 fábricas entre las fábricas investigadas por la encuesta. La medición se llevó al cabo de septiembre a octubre de 1987.

Se realizaron las mediciones en 20 instalaciones que consisten en 1 horno de sinterización, 4 hornos de fusión, 9 hornos de secado, 5 hornos de fusión metálica y una caldera. Entre los hornos de fusión, 3 son hornos para la fabricación de botellas de vidrio y uno para los vidrios laminados. En el caso de los hornos de secado, uno es horno rotativo para secar agregados y en cuanto a los otros 8, 3 son de tipo túnel y 5 son de tipo pulverizador. En cuanto al horno de fusión metálica, uno es un horno eléctrico para la fabricación de acero y 4 son cubilotes para fundición. Los colectores de polvo se encuentran instalados en 13 plantas.

La densidad del polvo y hollín emitido es 0,003 - 1,48 g/Nm³ (promedio 0,37 g/Nm³) y el volumen emitidos es 0,0215 - 36,9 kg/hora (promedio 7,22 kg/hora).

Existen diferencias grandes entre las instalaciones. La concentración de NO_x es 0 - 1858 ppm (promedio 236 ppm). Los hornos de fusión para vidrio presentan una concentración alta. La cantidad de emisión de NO_x es 0 - 65,7 kg/hora (promedio 131,1 kg/hora).

La concentración de SO₂ calculada por contenido de S y la cantidad de combustibles consumidos resulta 524 ppm como promedio. Los hornos de secado presentan una concentración baja con 126 ppm en promedio mientras que el valor medio de otros hornos es 850 ppm.

(2) Análisis de combustibles de fábrica

En los análisis de componentes de combustibles utilizados en las fábricas, se midió el contenido de azufre en 6 fábricas en las cuales se usan combustóleo y diesel. En Tabla 3.4.7 se indican los resultados.

Tabla 3.4.7 Resultados de Análisis de Combustibles de Fábricas

Fábricas	Contenido de Azufre (%)	Combustible
Planta de Asfalto	0,97	Diesel
General Motors	1,08	Diesel
Conasupo	2,99	Combustoleo
Procter & Gamble	3,17	Combustoleo
Cementos Anahuac	3,42	Combustoleo
Vidriera Oriental	2,87	Combustoleo

(3) Estudio de volumen de gases emitidos

1) Método de estudio

Se realizó la recopilación de datos de volumen de emisión de contaminantes según situación actual (1986) de fuentes fijas de contaminación en la Ciudad de México por cuestionario escrito, entrevista y datos aportados por DDF.

Tabla 3.4.8 Fuentes de Contaminación

Clase	Objeto de Investigación	Método	Areas de Estudio
Fábricas	460 fábricas	Cuestionario escrito y entrevistas	16 delegaciones y Estado de México
Establecimientos comerciales, servicio	4739 establecimientos	Datos aportados por DDF	16 delegaciones

2) Investigación por cuestionario de fábricas

1 Perfil del estudio

El número de fábricas por zona y giro sobre las que se realizó el estudio fue 460 en total, y 361 de entre ellas eran emisoras de contaminantes.

2 Consumo de combustible

Consumo de combustible por las fábricas, es de 1130,5 k /año de combustóleo y $1.904,6 \times 10^3 \text{ m}^3$ de gas natural.

3 Coeficiente de emisión

Se ha utilizado lo indicado en Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Second Edition, U.S. E.P.A. (Recopilación de Factores de Emisión de Contaminantes Aéreos, 2a. ed., Ministerio de Protección al Medio Ambiente, EE.UU. de América del Norte).

El volumen de emisión de contaminantes ha sido calculado por la parte mexicana, a partir del coeficiente de emisión y del consumo de combustible.

4 Volumen de emisión de contaminantes

El volumen de emisión de contaminantes por clase de actividad de las fábricas se indica en la Tabla 3.4.9, y el volumen de emisión de todas las clases de actividad es de 79.910,2 t/año de SO_x , 23062 t/año de NO_x , y 3026,9/año de hollín.

3) Establecimientos comerciales y de servicios

Fueron aportados los datos de 4.739 establecimientos comerciales y de servicios por DDF, y según los datos mencionados, la Delegación de mayor consumo de combustible fue la de Cuauhtemoc.

Utilizando los coeficientes extraídos de la misma fuente anterior, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Second Edition,

U.S. E.P.A. (Recopilación de Factores de Emisión de Contaminantes Aéreos, 2a. ed., ed., Ministerio de Protección al Medio Ambiente, EE.UU. de América del Norte), se ha calculado el volumen de emisión de contaminantes.

Se indica el volumen de emisión de contaminantes de los establecimientos comerciales y de servicios en la Tabla 3.4.10.

Tabla 3.4.9 Intensidad de Emisión de Contaminantes por Tipo de Industria

Giro industrial	SOx	NOx	Humo y hollín	SOx	NOx	Humo y hollín
	(Nm ³ /h)	(Nm ³ /h)	(kg/h)	(ton/y)	(ton/y)	(ton/y)
Eléctrica	2186,2	801,9	100,9	54747,4	14426,3	883,7
Gas	0,0	0,8	0,0	0,1	14,8	0,4
Alimenticia	89,7	8,5	6,5	2245,1	153,6	56,9
Tejido	53,5	20,9	7,9	1340,2	376,2	69,2
Papeles	148,4	30,6	23,8	3714,8	551,3	208,5
Química	114,7	46,8	72,0	2870,2	841,5	630,8
Petróleo	67,7	197,8	18,5	1695,5	3558,0	162,4
Caucho	29,4	21,4	10,3	736,2	385,6	89,9
Cuero	2,3	0,1	0,3	57,4	1,4	2,5
Cerámica	453,7	77,8	57,5	11355,7	1400,0	504,0
Acero	6,7	12,1	4,7	166,7	218,5	41,4
Metales no ferrosos	21,8	26,8	17,5	544,5	481,8	152,9
Procesamiento de metales	5,2	2,0	2,3	131,1	35,4	20,3
Maquinarias	1,4	0,5	1,1	35,0	9,1	9,8
Equipos eléctricos	0,2	0,5	0,1	5,7	8,6	1,0
Equipos precisos	0,1	0,0	0,0	1,8	0,8	0,3
Armas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Otros	11,7	33,3	22,0	293,1	599,6	192,8
Total	3192,8	1282,0	345,5	79910,2	23062,6	3026,9

Tabla 3.4.10 Volumen de Emisión de Contaminantes de Establecimientos Comerciales y de Servicios

Item Delegaciones	SO _x (Nm ³ /h)	NO _x (Nm ³ /h)	Humo y Hollín (kg/h)
AZCAPOZTALCO	7,214	1,798	1,409
GUSTAVO A. MADERO	11,529	4,529	3,549
V. CARRANZA	15,893	4,102	3,215
COYOACAN	9,682	3,038	2,381
IZTAPALAPA	3,642	3,528	2,762
IZTACALCO	6,831	1,284	1,004
TLALPAN	2,613	0,844	0,661
A. OBREGON	8,776	1,863	1,460
M. HIDALGO	34,956	8,446	6,622
CUAUHTEMOC	52,146	15,353	12,040
B. JUAREZ	7,645	5,025	3,943
CUAJIMALPA	0,244	0,159	0,124
TLAHUAC	0,000	0,009	0,006
MILPA ALTA	0,000	0,000	0,000
XOCHIMILCO	0,986	0,520	0,407
M. CONTRERAS	2,478	0,436	0,341
TOTAL (t/año)	164,634 4120,562	50,934 916,269	39,926 349,747

3.4.3 Lista de Volúmenes de Emisión de Contaminantes

(1) Volumen de emisión de contaminantes por orígenes

Véase en la Tabla 3.4.11 el volumen de emisión de contaminantes por orígenes.

Los valores indicados en la tabla fueron utilizadas para la Simulación de la calidad del aire, y no representan el volumen total de emisión en el Valle de México o en Area Metropolitana de la Ciudad de México como se mencionó en la parte inicial de la Sección 3.4.

La emisión procedente de fuentes fijas es grande con relación al SO_x , 87.146 t/año, y el total de SO_x es de 105.282 t/año. El CO se ha calculado sólo en lo relativo a automóviles, y su volumen de emisión es de 1.050.221 t/año.

La emisión procedente de fuentes móviles es grande con relación al NO_x , 41.432 t/año, y su total es de 65.749 t/año. Además, el volumen de emisión de HC procedente de automóviles calculado como referencia es de 89.189 t/año.

Tabla 3.4.11 Volumen de Emisión de Contaminantes por Orígenes

División	Origen		SO _x	CO (Nm ³ /hora) (t/año)	NO _x	Hollín (t/año)	
Fuentes fijas	Fábri- cas	Central Eléctrica	2186,2 54717,4	-- --	801,9 14426,3	100,9 883,7	
		Refinería 18 de Marzo	191,8 4800,9	-- --	214,8 3863,3	129,7 1136,4	
		Diez grandes fábricas	613,4 15353,2	-- --	82,1 1477,7	69,8 611,2	
		Resto de fábricas	325,8 8153,5	-- --	202,0 3633,4	150,9 1322,5	
		Total fábricas		3317,2 83025,0	-- --	1300,8 23400,7	451,3 3953,8
		Total estab. Comerc. y de servicios		164,6 4120,6	-- --	50,9 916,3	39,9 349,8
	Total		3481,8 87415,6	-- --	1351,7 24617,0	491,2 4303,6	
	Fuentes móviles	Vehí- culos	Vías principales	320,7 8025,3	45722 500652	1113,5 20031,4	-- --
			Vías secundarias	402,9 10083,7	50189 549569	1179,1 21210,8	-- --
			Subtotal	723,6 18109,0	95911 1050221	2292,6 41242,2	-- --
Avio- nes		Toma de altura/ aproximación /aterrizaje	0,3 8,5	-- --	3,2 57,2	-- --	
		Ralentí/pista/ despegue	0,8 19,3	-- --	7,3 132,2	-- --	
		Subtotal	1,1 27,8	-- --	10,5 189,4	-- --	
		Total	724,7 18136,8	95911 1050221	2303,1 41431,6	-- --	
Suma total			4206,5 105282,4	95911 1050221	3654,8 65748,6	491,2 4303,6	

(2) Distribución de zonas de emisión de contaminantes

Dividiendo la Ciudad de México en zonas NE, NO, Central, SE y SO, se indica en la Figura 3.4.3 el volumen de emisión por fuentes fijas y móviles y por cada zona.

El volumen de emisión de SO_x representa una gran proporción de las emisiones de fuente fija, y el volumen de emisión de NO_x representa una gran proporción de las emisiones de fuente móvil.

Por zonas, el volumen de emisión de SO_x y NO_x representado por las fuentes fijas es superior en el NE y NO, y en el centro, SE y SO predomina el volumen de emisión de fuentes móviles.

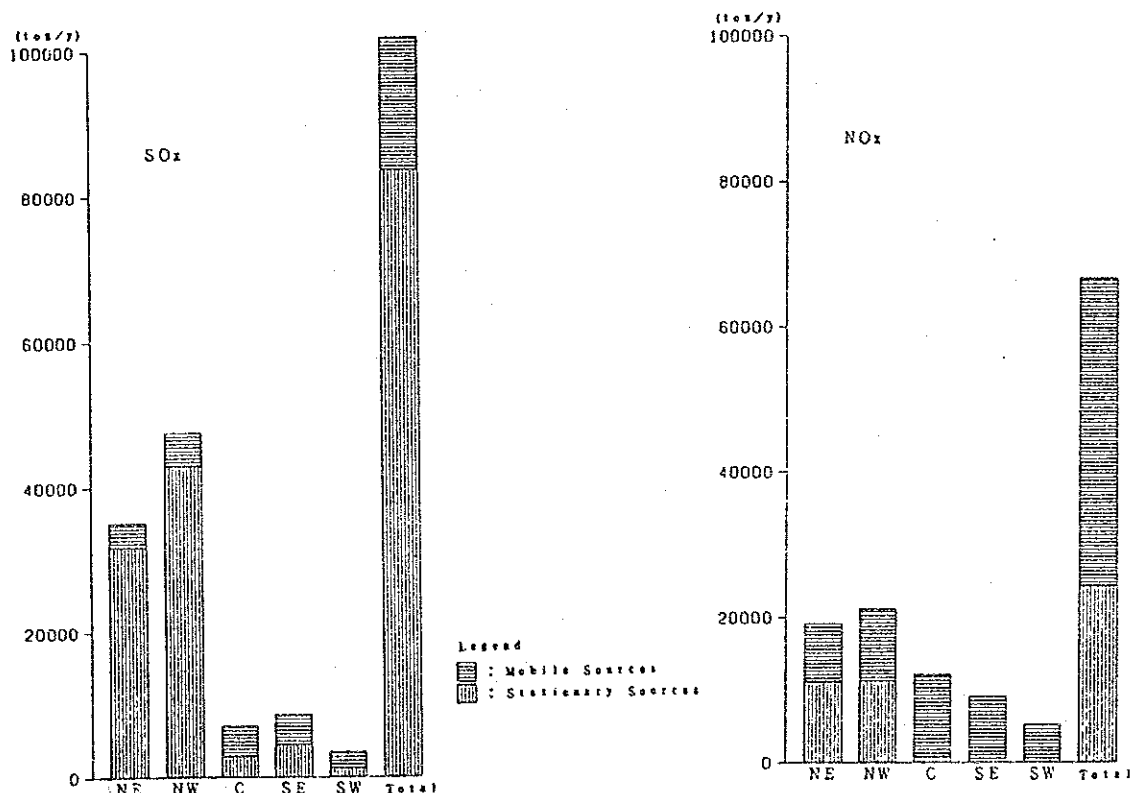


Fig. 3.4.3 Volumen de Emisión de Contaminantes por Clases de Origen y por Zonas

3.5 SIMULACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

3.5.1 Perfil de Precedimiento

(1) Condiciones Generales

Cuando se emiten los contaminantes en la atmósfera, estos se transportan, se dispersan y/o se convierten en otras formas por las acciones químicas según las condiciones meteorológicas y topográficas que varían espacialmente y temporalmente.

Es extremadamente difícil incorporar y contemplar todos estos factores en forma cuantitativa en la representación matemática del fenómeno de contaminación.

Especialmente, varias reacciones fotoquímicas que influyen aun no se han reconocidos cuantitativamente.

Sin embargo, los factores que se consideran esenciales e importantes fueron escogidos y observados.

Este estudio requiere un modelo de simulación que pueda cubrir los siguientes requisitos.

- a. describir distribución geográfica de la concentración de contaminantes en el ambiente suficientemente detallado en el área de estudio
- b. computarizar el promedio de la concentración a largo plazo
- c. evaluar el grado de contribución de cada tipo de fuente contaminante en la concentración ambiental

Considerando estos requisitos, fue selecto el modelo del Plume en el estudio.

El modelo de simulación de la calidad del aire utilizado en este estudio consiste en el modelo de las fuentes contaminantes, modelo meteorológica y modelo de dispersión.

En la figura siguiente se indica el procedimiento del desarrollo del modelo de simulación.

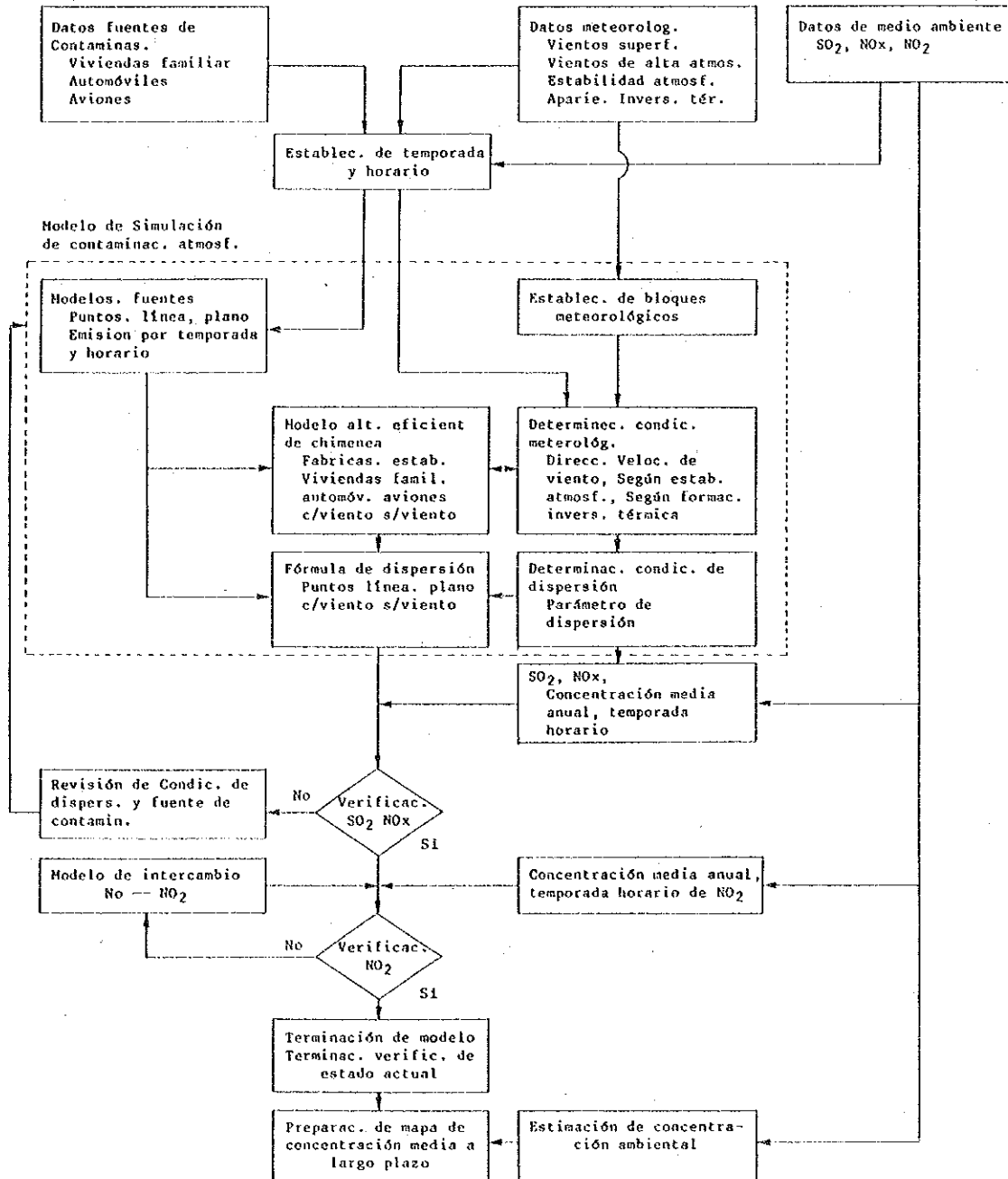


Fig. 3.4.4 Flujoograma de Preparación del Modelo de Simulación

(2) Estructura del modelo de simulación

Se estructura el modelo de simulación según los puntos 1) a 4) que a continuación se citan:

1. Establecimiento de condiciones
2. Modelo de orígenes
3. Modelo meteorológico
4. Modelo de dispersión
5. Otros

1) Establecimiento de condiciones

Establecimiento de las condiciones consiste en determinar los contaminantes que se investigan, área de estudio, duración de tiempo y sus clasificaciones por período y franjas horarias.

1 Ambito

- a. Contaminantes: Bióxido de azufre (SO_2) y mono óxido de Carbono (CO).
Referente a óxido de Nitrógeno (NO_x) y Bióxido de Nitrógeno sólo se tratará como referencia debido a que solo en cinco estaciones se realiza medición permanente.
- b. Orígenes: Fábricas, establecimientos comerciales y de servicios, automóviles y aviones.
- c. Puntos de medición: Estaciones de medición permanente (estaciones de medición de SEDUE).
- d. Evaluación de concentración: Evaluar la reproducibilidad por la simulación de la concentración media anual de los contaminantes.

e. Ambito del

cálculo: Area que abarca 40 km E-O y 60 km N-S
siendo el centro la Ciudad de México.

2 Establecimiento de división por períodos y franjas horarias

Según la Tabla 3.5.1, la división en períodos y franjas horarias se establece en dos y cuatro, respectivamente (2 x 4, es decir, 8 divisiones). Los períodos son la estación húmeda y la estación seca, y en función de esta división se establece la división por franjas horarias investigando la tendencia de manifestación de concentración de contaminantes y la de cambio por horas de volumen de tráfico.

Tabla 3.5.1 Períodos y Franjas Horarias

Período	Lluvioso	Mayo - Sept.
	Seco	Oct - Abril
Tiempo	Mañana	7 - 13 horas
	Tarde	13 - 19 horas
	Noche	19 - 24 horas
	Media noche	0 - 7 horas

2) Modelo de orígenes

Desarrollo del modelo de orígenes o fuentes consiste en ordenar los tipos y formas de las fuentes, cantidad de emisión y otras informaciones relacionadas con el modelo de dispersión.

A partir de los datos básicos recopilados de orígenes individuales obtenidos según "3.4 Volumen de emisiones de contaminantes atmosféricos", se realiza el modelo por modalidades de origen según se indican por clases de orígenes en la Tabla 3.5.2. Se tomó además 1 km x 1 km como superficie de origen.

Tabla 3.5.2 Número de Fuentes de Humos por Origen, y Modalidades de su Origen

Clase de origen	Concepto	Nº de fuentes de humos	Modalidades de origen de humo
Fija	Fábricas	957	Puntual
	Estab. Comerc. y de servicios	919	Superficial
Móvil	Automóviles Vías princip.	649	Lineal
	Vías secundarias	750	Superficial
	Aviones Ralenti/despegue	7	Superficial
	Elev./aterr./ acercamiento	538	(*) Puntual discontinua

Nota: Se ha establecido un origen puntual cada diez metros de corredor aéreo de despegue y aterrizaje

3) Modelo meteorológico

Modelo meteorológico es un modelo que ordena condiciones meteorológicas para aplicar en el modelo de dispersión.

1 Establecimiento de divisiones por lugares de dispersión

La Tabla 3.5.3 presenta las divisiones en sentido perpendicular de lugares de dispersión.

Tabla 3.5.3 Lugares de Dispersión en Sentido Perpendicular

Lugar de dispersión	Origen objetivo
Superficie	Automóviles
Capas baja	Fábricas (altura real de emisión de humo inferior a 30 m), establecimientos comerciales y de servicios, aviones (ralenti/despegue)
Capas media	Fábricas (altura real de emisión de humo superior a 30 m)
Capas alta	Aviones (toma de altura, aterrizaje/acercamiento)

2 Establecimiento de bloque meteorológico

Considerando las condiciones geográficas, los resultados del análisis del grado de similaridad de los vientos en "3.2 Situación real climatológica" y la concentración de los contaminantes por la medición real, se dividió la zona en cinco áreas, convirtiéndolas en bloques meteorológicos estableciendo climas representativos en cada área.

3 Estimación de velocidad del viento en capas medias, altas

El cálculo estimativo de velocidad del viento en capas medias y altas a partir de la velocidad del viento en superficie se realizó por el método de ecuación empírica.

4 División meteorológica

Se han dividido por niveles como a continuación los datos meteorológicos, y se ha calculado la proporción de manifestación meteorológica.

i) Dirección del viento 16 direcciones y en calma (U 4

ii) Velocidad del viento Dividida en ocho grados, según se indica en la Tabla 3.5.4.

Tabla 3.5.4 División por Grados de Velocidad del Viento

Grado	1	2	3	4	5	6	7	8
División de velocidad (m/s)	Menos de 0,4	0,5 a 1,9	2,0 a 2,9	3,0 a 3,9	4,0 a 5,9	6,0 a 7,9	8,0 a 8,9	Más de 10,0
Velocidad representativa	0 m/s	Velocidad media de cada grado						

4) Modelo de fórmula de dispersión

1 Fórmula de altura efectiva de emisión de humos

La fórmula de altura efectiva de emisión de humos en tiempo de viento de fábricas convertida en modelo como punto de origen se ha empleado dividida en emisión de humos de gran escala y de pequeña-mediana escala según se indica en la Tabla 3.5.5. Además, el origen de humos convertido en modelo como origen superficial y lineal se convirtió en altura efectiva de emisión de humos estudiando la altura media de emisión y la situación del entorno de origen de humos.

Tabla 3.5.5 Altura Efectiva de Emisión de Humos

Fuente de contaminación		Forma de fuente	Con viento	Calma
Fábricas		Fuente de punto	o Chimenea grande $Q_H^* \geq 2 \times 10^6$ Cal./s Equación de Moses y Carson o Chimenea mediana y pequeña $Q_H^* < 2 \times 10^6$ Cal./s Equación de CONCAWE	Equación Brigg $d \theta / dz^{**}$ Horas diurnas: 0.003°C/m Horas nocturnas: 0.010°C/m
Establecimientos comerciales y de servicios		Fuente superficial	20 m	30 m
Auto-móviles	Vías principales	Fuente lineal	Centro de la ciudad: 5 m	Centro de la ciudad: 10 m
	Vías secundarias	Fuente superficial	Suburbio: 2 m	Suburbio: 3 m
Aviones	rodaje/ralenti despegue	Fuente superficial	10 m	15 m
	Subida Aterrizaje Acercamiento	Fuente de punto continuo	Altura de despegue y ruta de aterrizaje	Altura de despegue y ruta de aterrizaje

Nota: * Q_H : Emisión de calor por flujo de gas de Chimenea
 ** $D\theta/dz$: Gradiente potencial de la temperatura atmosférica (°C/m)

2 Fórmula de dispersión

Las ecuaciones de dispersión usadas se indican en la Tabla 3.5.6, y, se ha adoptado la fórmula de Plume que se utiliza en caso de pronóstico de concentración de contaminantes a largo plazo mejorándola (Holland 1953) para adecuar la distribución de concentración en sentido de Y al interior de $2\pi/16$. En caso de origen superficial, se ha utilizado el método de integración de la fórmula de Plume de origen puntual con relación a orígenes superficiales de 1 km de anchura.

En la fórmula simple de Puff, convirtiendo la velocidad del viento de la fórmula original en cero (U es 0 m/s), se ha empleado la fórmula corregida por teorema analítico pensando que se desarrolla la anchura de dispersión proporcionalmente con el transcurso del tiempo.

Tabla 3.5.6 Aplicación de Fórmulas de Dispersión

Condiciones meteorológicas	Con viento	Sin viento
Modelo de origen		
Puntual	Fórm. Plume $2\pi/16$	Fórm. Puff simple
Superficial	Id. superficial	Id. superficial
Lineal	Id. lineal	Id. lineal

3 Anchura de dispersión

Para la anchura de dispersión empleada en las fórmulas de dispersión (parámetro "anchura de dispersión"), se ha utilizado la Tabla de coeficientes de dispersión calculada a partir del diagrama de Pasquill-Gifford y Turner.

5) Establecimiento del parámetro de dispersión

Se considera que el parámetro de dispersión depende de la altura de origen, el tiempo y la franja horaria. En este estudio, se ha establecido parámetro de dispersión por períodos y franjas horarias como se indican en la Tabla 3.5.7. Confirmando la reproducibilidad de la situación actual de manifestación de estabilidad atmosférica, concentración de cálculo y concentración de medición real.

Tabla 3.5.7 Parámetros de Dispersión por Período y Franja Horaria

Período	Zona de dispersión	Franja horaria			
		Mañana	Tarde	Anochecer	Noche
Estación lluviosa	Superficie	B	B	CD	D
	Capas bajas	CD	C	D	D
	Capas medias	D	CD	D	D
	Capas altas	D	CD	D	D
Estación seca	Superficie	C	B	D	E
	Capas bajas	CD	C	D	E
	Capas medias	D	CD	D	D
	Capas altas	D	CD	D	D

3.5.2 Distribución de Concentración de Contaminantes

(1) Distribución de Concentración de SO₂

En la Figura 3.5.1 se indica la distribución de valores medios anuales de área de estudio calculados según el modelo de simulación.

La medición del SO₂ de las estaciones de medición permanente, para no

realizarla en puntos sometidos a la influencia directa de los gases de emisión de automóviles en el entorno inmediato de las vías, se realizó el cálculo a una distancia de 100 metros de las vías en los casos de instalación de las zonas de medición con relación al cálculo de concentración de contaminantes por cuadrícula en las proximidades de las vías.

Los valores medios anuales de SO_2 están distribuidos en concentración que superan las 60 ppb en la zona central en Delegación Cuauhtemoc y en la parte oriental de Delegación Iztacalco, y el C_{max} aparecía en la zona oriental de Delegación Iztacalco, siendo su concentración de 99,8 ppb.

(2) Distribución de concentración de CO

En la Figura 3.5.2 se indica la distribución de valores medios anuales en el área del estudio calculados según el modelo de simulación.

En la medición del CO de las estaciones de medición permanente, se excluyeron las estaciones de Tasqueña, Insurgentes y Cuiclahua, para no realizarla en puntos sometidos a la influencia directa de los gases de emisión de automóviles en el entorno inmediato de las vías.

También se realizó el cálculo a una distancia igual al caso del SO_2 de las vías, en los casos de que los orígenes puntuales estuvieran ubicados en las proximidades de las vías con relación al cálculo de concentración de SO_2 por cuadrícula.

Los valores medios anuales superiores a 4 ppm de CO están distribuidos en la zona céntrica de Delegación Cuauhtemoc y Delegación Benito Juárez, y en la parte oriental de Delegación Iztacalco, y el C_{max} aparecía en la zona oriental de Delegación Iztacalco, siendo su concentración 6,62 ppm.

X punto Cmax

Unit: ppb

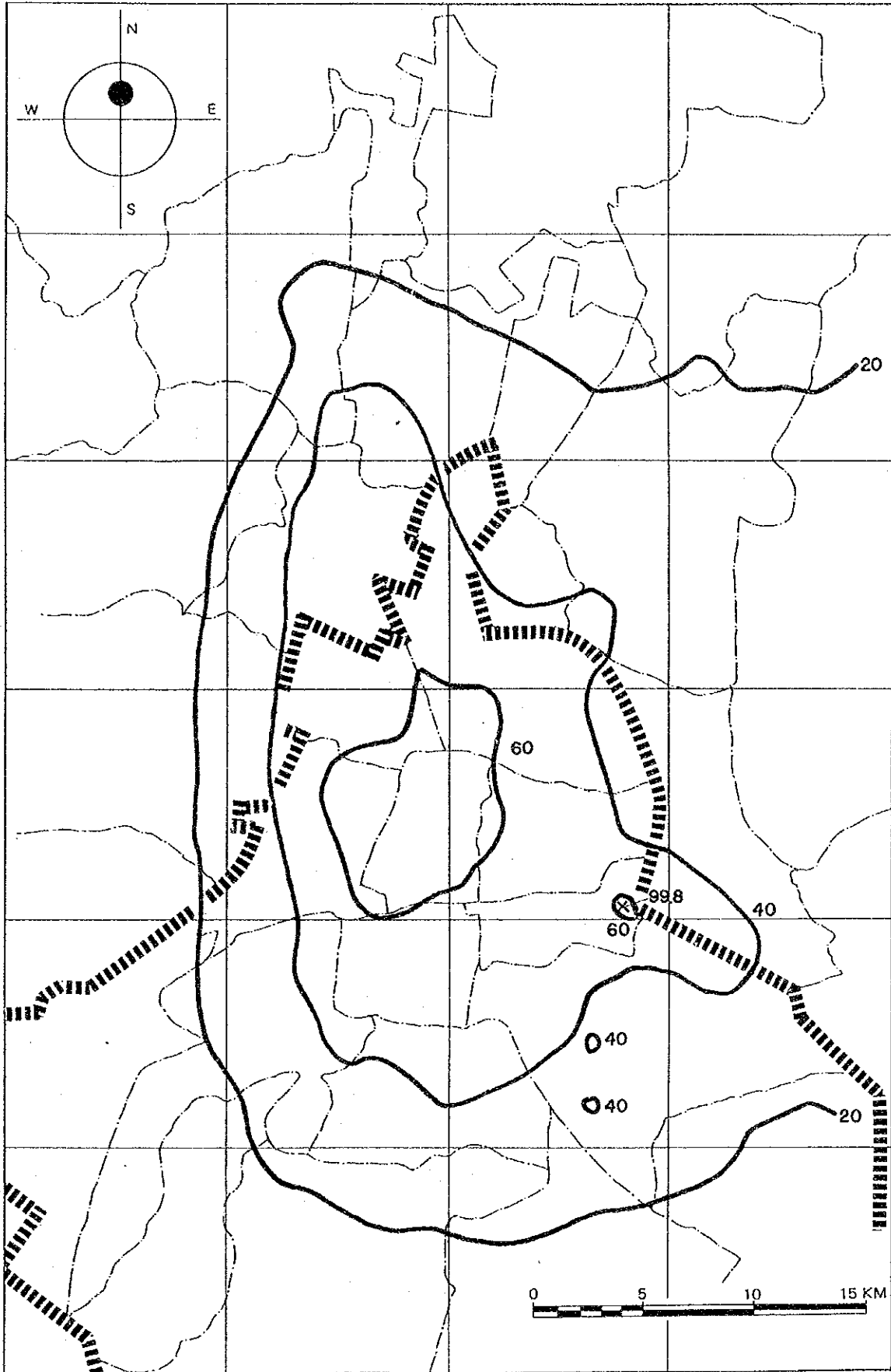


Fig. 3.5.1 Concentración de SO₂ de Todas las Fuentes, Líneas de Equiconcentración

× punto Cmax

Unit: ppm

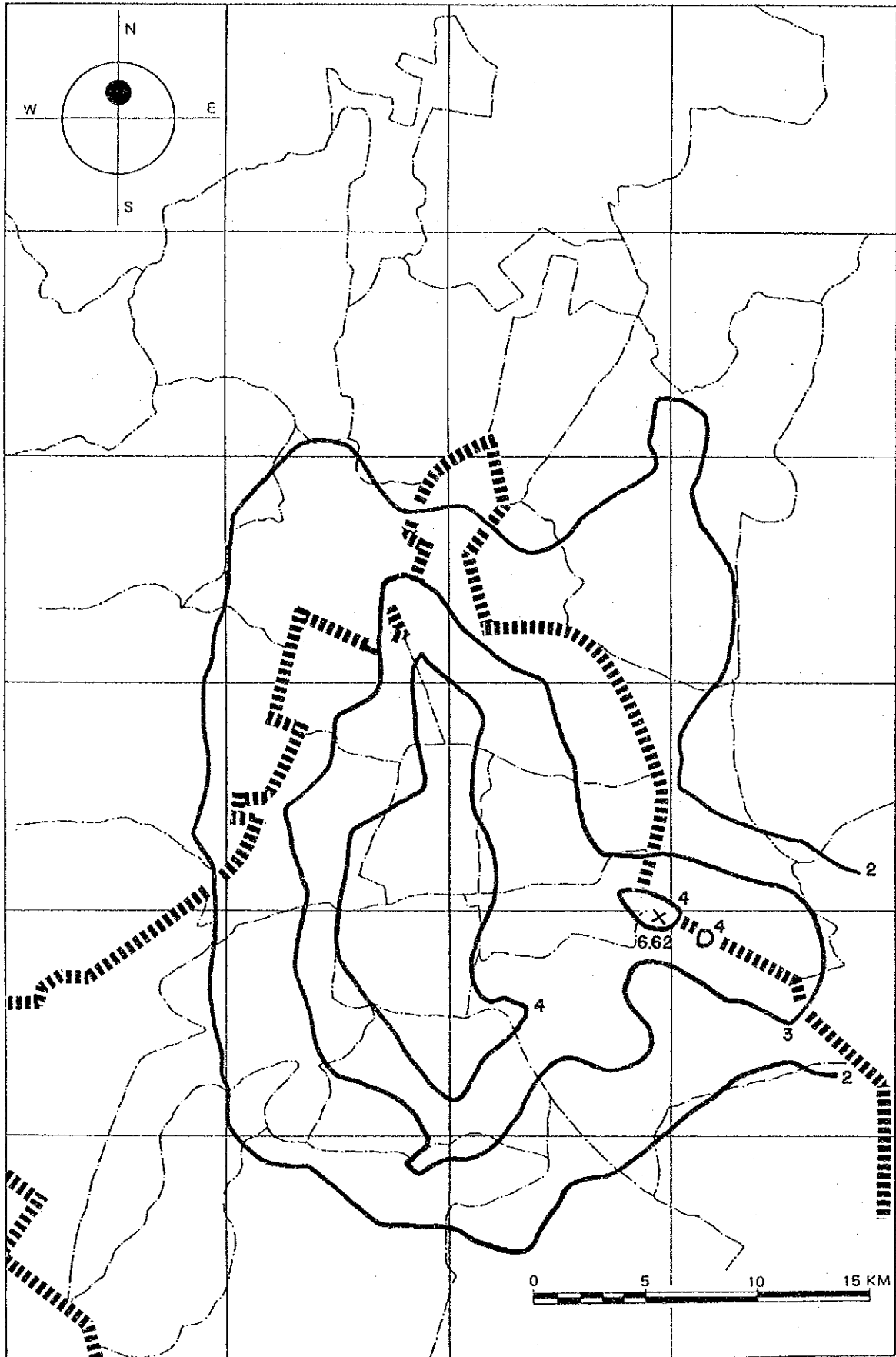


Fig. 3.5.2 Concentración de CO

Líneas de equiconcentración

3.5.3. Concentración de Contaminantes Contributiva por Orígenes

(1) Concentración contributiva por orígenes de SO₂

Se indica en la Figura 3.5.3 concentración contributiva de SO₂ por origen, los valores de cálculo de concentración media anual de SO₂, de receptor y punto Cmax se encuentran entre 24,41 ppb (Los Laureles) y 99,76 ppb (puntos Cmax).

La proporción de contribución por orígenes es la siguiente: fábricas y establecimientos comerciales y de servicios, 22,1 - 69,0%; vehículos automóviles, 17,2 - 71,8%; y aviones, menos del 1%.

(2) Concentración de CO contributiva por orígenes

Con relación al cálculo de concentración media anual de CO, se ha tenido en cuenta sólo la originada por los automóviles, y la concentración media anual de inferencia fue obtenida sumando la concentración contributiva de automóviles y la densidad ambiental.

Las concentraciones medias anuales de receptor y punto Cmax, según Tabla 3.5.8, van de 2,26 (Pedregal) a 6,98 ppm (Insurgentes).

(Unit:ppb)

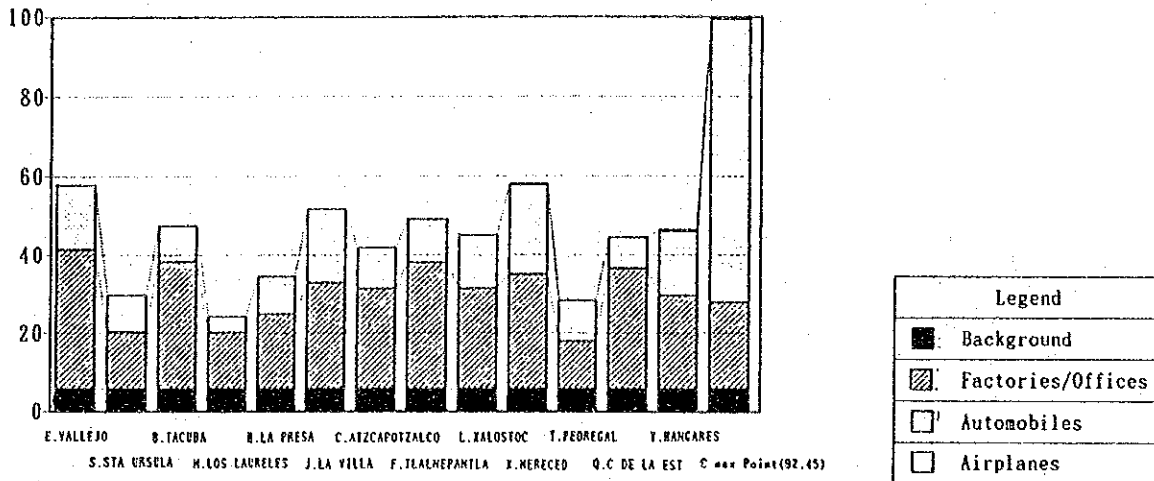


Fig. 3.5.3 Concentración de SO₂ Contributiva por Fuentes

Tabla 3.5.8 Concentración de CO Contributiva por Orígenes (unidades: ppm)

Estaciones	Total	Automóviles	Ambiente
Z. LAGUNILLA	3,77	2,59	1,18
F. TLALNEPANTLA	2,40	1,22	
L. XALOSTOC	2,82	1,64	
X. MERCED	4,20	3,02	
T. PEDREGAL	2,26	1,08	
Q.C. DE LA EST.	2,57	1,39	
U. PLATEROS	3,50	2,32	
P. UAM-IZTAPALAPA	2,83	1,65	
K. ARAGON	2,58	1,40	
O. NEZAHUALCOYOTL	3,32	2,14	
D. IMP	3,38	2,20	
W. BENITO JUAREZ	4,41	3,23	
R. TASQUEÑA	4,46	3,28	
V. INSURGENTES	6,98	5,80	
A. CUITLAHUAC	5,10	3,92	
C max point (94,44)	6,62	5,44	

3.6 GRADO DE CONTRIBUCION POR FUENTES DE MPS (particulas suspendidas) POR EL METODO CMB (de equilibrio de masas químicas)

Las partículas suspendidas (MPS) en la atmósfera tienen dos tipos de origen: el artificial, fábricas, vehículos, etc.; y el natural, tierras, etc.

La proporción de contribución de partículas suspendidas de cada origen, dado que no ha podido establecerse todavía hasta ahora un modelo de simulación de dispersión, este estudio ha utilizado el método de equilibrio de masas químicas (CMB), frecuentemente utilizada para estimaciones.

En este método, los datos importantes son la proporción de elementos químicos en el polvo emitido por cada tipo de origen y en las partículas suspendidas en la atmósfera, y en este estudio se han utilizado datos de proporciones de elementos en la atmósfera y su origen en el área de estudio, en México.

La proporción de elementos químicos en las partículas suspendidas en la atmósfera ha sido analizada según se indica a continuación con muestras tomadas utilizando el muestreador de aire de gran volumen de Andersen durante unos 4 días cada mes del Sept/87 al Mayo/88 en cada zona, y calculándose luego los valores medios para todo el período.

Puntos: Oficina Central de DDF (O. Central), Tacuba, San Agustín, Pedregal, Cerro de la Estrella (Estrella).

Elementos químicos: Fe, Zn, Ni, Pb, V, Mn, Na, Ca, K, Al.

Además, se han tomado materiales de cada punto de origen, se han analizado sus elementos químicos, y sus valores medios han sido calculados por cada clase de origen.

Clase de origen: Tierras (4 zonas); horno de sinterización (1 fábrica de cemento); hornos de vidrio (4 fábricas de vidrio, etc.); hornos de secado (9 fábricas de asfalto, etc.); hornos de fundición de metales (5 instalaciones para acero y otros); y una instalación de calderas.

Al estimar con el método CMB utilizando el método del cuadrado mínimo bajo las diversas premisas del cálculo de valores numéricos, surgen casos en los que la contribución por orígenes no siempre puede determinarse apropiadamente. Por esta razón, en el presente estudio se han repetido varios ensayos con la combinación de clases de orígenes y elementos químicos, también considerando la situación real del área obteniendo finalmente un resultado razonable que se muestra a continuación.

Tabla 3.6.1 Contribución por Clases de Orígenes de Partículas Suspendidas según el Método de Equilibrio de Masas Químicas

(Unidades: $\mu\text{g}/\text{m}^3$; (porcentajes))

<u>Zonas:</u> <u>Conceptos</u>	<u>O. CENTRAL</u>	<u>TACUBA</u>	<u>ESTRELLA</u>	<u>Promedio total</u> <u>(de cinco zonas)</u>
MPS	183,0 (100)	146,2 (100)	313,9 (100)	185,1 (100)
Tierras	28,2 (15,4)	10,2 (7,0)	115,6 (36,8)	75,8 (41,0)
Horno de sinterización	12,7 (6,9)	6,1 (4,2)	4,5 (1,4)	4,0 (2,2)
Hornos de vidrio	1,3 (0,7)	-2,6 (-1,8)	-- (--)	-- (--)
Hornos de secado	12,3 (6,7)	17,6 (12,0)	-- (--)	11,8 (6,4)
Fundición de metales	10,0 (5,5)	9,8 (6,7)	4,1 (1,3)	7,3 (3,9)
Calderas	-- (--)	-- (--)	2,0 (0,6)	-- (--)
Automóviles	106,7 (58,3)	87,2 (59,6)	96,1 (30,6)	28,9 (15,6)
Origen desconocido	11,8 (6,4)	17,9 (17,2)	91,6 (29,2)	57,3 (31,0)

Nota: El signo menos indica que el origen en cuestión ha sido apartado del objeto del análisis.

Según estos resultados, en las zonas O. Central y Tacuba los productos procedentes de automóviles contribuyen en la mayor parte, y a continuación aparecen los orígenes de tierras y desconocidos. La contribución de fábricas con instalaciones de sinterización de todo tipo oscila entre 0,7 y 12,0%.

En la zona de Estrella, la contribución de las tierras fue máxima 36,8%, y a continuación los automóviles, con 30,6%, y los orígenes desconocidos, 29,2%. La contribución de las fábricas, por su parte, es extraordinariamente pequeña, 0,6 a 1,4%. No pudieron obtenerse datos satisfactorios en las zonas de San Agustín y Pedregal.

Viendo estos resultados por zonas, en las áreas urbanas próximas a la zona industrial del norte, la contribución por automóviles es máxima, y a continuación le siguen las tierras y las fábricas. En sur, con una concentración fabril relativamente pequeña, las tierras y los automóviles constituyen la mayor parte de la contribución.

**CAPITULO 4 SISTEMA DE CONTROL DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA EN MEXICO**

Capítulo 4. SISTEMA DE CONTROL DE LA CONTAMINACION
ATMOSFERICA EN MEXICO

4.1 LEGISLACION

La normativa de protección al medio ambiente de los Estados Unidos de Mexico la constituye la Ley General del Equilibrio Ecológico Y La Protección al Ambiente (LGEEPA), promulgada en marzo de 1988, que deroga la Ley General de Protección al Ambiente, promulgada en 1982 y vigente hasta entonces. El objeto de la LGEEPA es establecer normas de planificación para la protección del ambiente y ecología, y coordinar los medios para su cumplimiento. Ha clarificado con relación a la antigua ley el reparto de competencias de los organismos estatales y federales en cuanto al cumplimiento de objetivos. Las competencias de la SEDUE, organismo responsable del cumplimiento de esta ley, incluyen los siguientes conceptos:

- Formular y conducir la política general de ecología.
- Aplicar la ley, sus reglamentos y normas técnicas ecológicas que expida y vigilar su observancia.
- Formular y conducir la política de saneamiento ambiental, en coordinación con la Secretaría de Salud, en lo referente a la salud humana.
- Determinar la aplicación de tecnologías que reduzcan las emisiones contaminantes de vehículos automotores, en coordinación con las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y de Energía, Minas e Industria Paraestatal.

Las Normas Técnicas Ecológicas antecitadas son imprescindibles para reforzar la eficacia de la presente Ley, y con relación a la contaminación atmosférica equivalen a normas de emisión de contaminantes. Según estas prescripciones, SEDUE está preparando en coordinación con los organismos relacionados las normas de emisión relativas a cada tipo de origen de contaminación, parte de las cuales ya han sido dadas a conocer.

Especialmente con relación a las medidas contra la contaminación atmosférica del DF, se han clarificado las principales funciones correspondientes. También, como se incluye una parte del Estado de México el área

metropolitana de la Ciudad de México, es importante el papel que desempeña el Gobierno del Estado de México en la subsanación de la contaminación atmosférica del área metropolitana. En la LGEEPA se han establecido también los conceptos de competencias respectivos de los gobiernos estatales y de los municipios.

4.2 ORGANIZACIONES OFICIALES

En las actividades generales relativas a las medidas contra la contaminación atmosférica participan numerosos organismos gubernamentales de alcance nacional y regional. La estructura de organizaciones oficiales encargadas de las medidas contra la contaminación atmosférica del Area Metropolitana de México se describe a continuación.

4.2.1 Comisión Nacional de Ecología (CONADE)

La Comisión Nacional de Ecología fue creada en 1985, con el objeto de coordinar las relaciones entre los organismos oficiales relacionados con la política ecológica. Está presidida por el Presidente de la Nación, y sus miembros son representantes de las diversas Secretarías y entidades relacionadas. Bajo esta instancia se promulgó el Decreto Presidencial en febrero de 1986 con 21 medidas contra la contaminación atmosférica en el Area Metropolitana de la Ciudad de México. Y se publicó en enero de 1987 "Ecología, 100 Acciones Necesarias".

4.2.2 Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (DGPCCA)

En SEDUE, la DGPCCA se encarga del control y prevención de la contaminación ambiental, inclusive la atmosférica. La estructura organizativa de la DGPCCA se compone de tres Direcciones, la de Asistencia Técnica, la de Estudios y la de Supervisión y Normatividad. Los trabajos relativos a la contaminación atmosférica están repartidos entre estas tres Direcciones.

4.2.3 Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica-DDF (DDF-DGRUPE)

En el DDF, la DGRUPE se encarga de las cuestiones de contaminación

ambiental, inclusive contaminación atmosférica. En esta Dirección General, la Sub-Dirección de Prevención y Control de la Contaminación del Aire es la encargada más inmediata de las medidas contra la contaminación atmosférica.

4.3 NORMAS AMBIENTALES DE LA CALIDAD DEL AIRE

Estas normas fueron determinadas en noviembre de 1982. En la Tabla 4.3.1 se indican normas ambientales de la calidad del aire determinadas con relación a cinco contaminantes.

Tabla 4.3.1 Normas de la Calidad del Aire Ambiental

Contaminantes	Promedio	Concentración
Total de partículas suspendidas (TPS)	24	275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bióxido de azufre (SO_2)	24	0,13 ppm
Monóxido de carbono (CO)	8	13 ppm
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	1	0,21 ppm
Ozono (O_3)	1	0,11 ppm

4.4 NORMAS CONTRA EMISION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

4.4.1 Normas de Emisión de Gases de Vehículos

(1) Vehículos a gasolina en circulación

Entró en vigor desde el verano de 1988 la obligación de verificar los gases emitidos por los vehículos a gasolina en circulación en funcionamiento al ralentí. Se determinaron los niveles permisibles de emisión al ralentí con relación al CO y HC según se indica en la Tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1 Niveles Máximos Permisibles de Emisión de CO y HC de Automóviles a Gasolina en Circulación (MTE-CCAT-003/88)

Modelo	CO (% vol.)	HC (ppm)
Hasta 1979	6,5 (5,5)	700 (659)
1980 - 1986	4,0	500
1987 p. adelante	3,0	400

Nota: Los valores entre parentesis son aplicados en las regiones con la altura menos de 1.500 mts s.n.m.

Fuente: Diario oficial 6 de Junio de 1988

(2) Vehículos a gasolina nuevos

Se estudia una norma por modelo (año de fabricación) con relación a las normas de gases (CO, HC y NO_x) de emisión para vehículos nuevos a gasolina.

4.4.2 Normas de Emisión para Fábricas y Establecimientos Comerciales y de Servicios

Con relación a contaminantes atmosféricos originados por fábricas y

establecimientos, comerciales y de servicios, se están preparando valores normalizados con respecto a cada tipo de instalación y de combustible. Se están estudiando las normas de emisión para fábricas de ácido sulfúrico y de cemento, y para fábricas y establecimientos comerciales y de servicios que utilizan gas natural, diesel y combustóleo como combustible. También se está estudiando la normatividad aplicable a emisión de partículas sólidas.

4.5 SISTEMA DE VIGILANCIA Y MEDICION

4.5.1 Vigilancia y Medición de las Fuentes

(1) Vigilancia de fuentes fijas

SEDUE es el organismo responsable de la vigilancia de la emisión de contaminantes atmosféricos de las fábricas. La fábrica caracterizada por un gran volumen de emisiones, en cooperación con SEDUE, lleva a cabo la medición de cantidad de emisión de gases y concentración de materias contaminantes, y presenta los resultados a SEDUE. Con relación a las fábricas en general, hasta hace poco sólo se habían determinado normas para el color del humo y hollín, llevadas a efecto principalmente según el método de Ringelmann.

Al entrar en vigor la Ley (LGEEPA), existe la perspectiva de que aumenten las instalaciones de limpieza automática de gases de emisión en las fábricas, sobre una base de acuerdos, con relación a grandes fuentes de contaminación. Pero, puesto que los ajustes de las nuevas normas de emisión conllevan el aumento de ítems de vigilancia para la mayoría de las fábricas, se considera que, en adelante importante será el reforzamiento de los sistemas de medición y vigilancia de orígenes de contaminación.

Existen además unos 5.500 establecimientos comerciales y de servicios, dentro del DF que tienen instalaciones que generan humo y hollín. Se considera que es una cuestión inmediata el establecimiento de sistemas para la vigilancia de emisiones procedentes de tales instalaciones

por parte de DDF y del Gobierno del Estado de México.

(2) Vigilancia de emisión de gases de vehículos

La Sub-Dirección de Prevención y Control de la Contaminación del Aire del DDF-DGRUPE realiza la medición de CO y HC que emiten los vehículos en 12 centros de la ciudad. La medición se practica con el motor al ralentí para los vehículos que se presentan voluntariamente.

En estos centros, se tiene previsto realizar una inspección en aproximadamente 2.000.000 de vehículos, durante tres años a partir de agosto de 1988, para comprobar la conformidad con los valores determinados según la Tabla 4.4.1.

4.5.2 Vigilancia y Medición de la Calidad del Aire

SEDUE está realizando la medición automática de contaminantes en las zonas indicadas en la Tabla 3.3.1 y Figura 3.3.1. Desde enero de 1986 se están recopilando en línea (On-line) los datos de estaciones de medición automática, y se están adecuando los sistemas de vigilancia atmosférica del Valle de México. Por otra parte, 25 estaciones manuales miden el SO₂ y TPS (Total de Partículas Suspendidas).

**CAPITULO 5 ESTUDEO Y EVALUACION DE LAS MEDIDAS CONTRA
LAS FUENTES DE CONTAMINACION**

Capítulo 5. ESTUDIO Y EVALUACION DE LAS MEDIDAS CONTRA LAS FUENTES DE CONTAMINACION

5.1 MEDIDAS CONTRA LAS FUENTES FIJAS DE CONTAMINACION

5.1.1 Tecnología Aplicable

Entre las medidas para la reducción de contaminantes atmosféricos, existen muchas que conllevan un gran costo, que deben estudiarse también suficientemente desde diferentes puntos de vista económico, de acuerdo a las características de cada país. Desde el punto de vista tecnológico, sería deseable emplear el método más efectivo, pero debe escogerse el método de reducción que tenga más posibilidades de realización práctica, a la vista de las condiciones sociales y económicas.

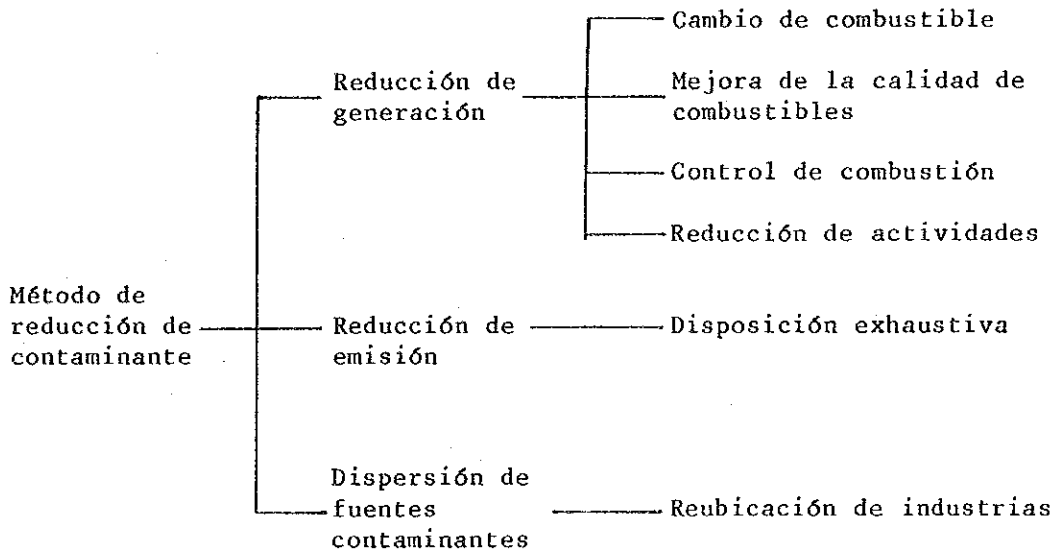


Fig. 5.1.1 Métodos de Reducción de Contaminantes

(1) Cambio de combustible

Teóricamente, una tonelada quemada de combustóleo de 3,5% de contenido de azufre genera 70 kg de SO₂; el gas natural, por el contrario, apenas genera SO₂ al arder. La utilización de combustibles pobres en S tiene la máxima eficacia en la reducción del volumen de SO₂, y su

grado de reducción es función de la merma en la proporción de azufre de su contenido.

Por otra parte, la utilización de combustible de buena calidad reduce en gran medida la generación de hollín.

(2) Mejora de calidad del combustible

En cuanto a la reducción del S en combustóleo, sería deseable utilizar crudos de bajo contenido en S, pero en caso de su insuficiente producción, un método eficaz lo constituye la extracción del S del combustóleo.

Para extraer el azufre, existe el método de hidrogenación y el de gasificación dividiéndose a su vez el de hidrogenación en sistemas de desulfurización directa e indirecta. Con el sistema indirecto se consigue eliminar hasta un 40% de S, y el método de desulfurización directa, en este método, dependiendo del crudo utilizado, es posible eliminar más del 70% del S.

Parte del nitrógeno contenido en los combustibles se transforma en NO_x , por combustión, y se le denomina NO_x de combustible. Por ello, la medida más eficaz para reducir el NO_x es cambiar a combustibles de buena calidad y bajo contenido en nitrógeno. No obstante, no todo el nitrógeno contenido en los combustibles se transforma en NO_x de combustible; la proporción de nitrógeno que se transforma en NO_x varía entre el 12 y 30%.

(3) Control de combustión del combustible

Junto con la popularización de los combustibles líquidos, e introducción del sistema de control automático de combustión, el diseño bueno o malo de las instalaciones térmicas se ha convertido en un factor importante; la importancia de control de combustión de combustible, se ha reducido. Pero la utilización de combustibles adecuados, el control de la combustión en sentido amplio que incluya la conservación

de todos los ámbitos de instalaciones térmicas, o el control de dichas instalaciones, es una cuestión importante. Especialmente, la reducción del volumen generado de NO_x contaminante de la atmósfera, como en la situación actual no se puede esperar mucho la reducción de NO_x por la mejora de la calidad de los combustibles, es de suma importancia la medida de control de NO_x adecuando un control de combustión que incluya instalaciones y tecnología de combustión.

La reducción en el consumo de combustible por la adecuación de sistemas de control de combustión tiene un efecto en función de la cantidad economizada sobre la reducción de volumen generado de contaminantes (SO_x , humo y hollín), y también desde el punto de vista económico resulta conveniente.

Otro punto de interés del control de la combustión lo constituye la reducción de NO_x .

El NO_x generado como consecuencia de la combustión procede en parte, como anteriormente se explica, del nitrógeno contenido en el combustible (NO_x de combustible). También se genera por reacción en condiciones de alta temperatura del nitrógeno con el oxígeno del aire empleado en la combustión, en cuyo caso se le denomina NO_x térmico.

Para la reducción del NO_x de combustible, existen métodos tales como (1) emplear combustibles de bajo contenido en N; (2) reducir el aire en la primera etapa de combustión, en atmósfera desoxidante, y convertir la parte de nitrógeno del combustible en gas nitrógeno (N_2).

Como medidas, por su parte, para reducción del NO_x térmico, existen métodos, que pueden llamarse de mejora de combustión del combustible, como: (1) reducir la concentración de oxígeno en el área de combustión; (2) reducir el tiempo de permanencia del gas de combustión en la zona de alta temperatura; (3) reducir la temperatura de combustión, especialmente eliminando en parte las zonas de alta temperatura.

(4) Reducción de las actividades

La reducción de contaminantes por limitación de actividades es un método eficaz sólo en la medida de dicha limitación. Es necesario estudiar suficientemente esta cuestión también desde las perspectivas social y económica.

(5) Control de emisión de humos

Cuando los métodos de reducción del volumen de contaminantes generado, por ejemplo, el cambio de combustible, o el control de la combustión, no puedan combatir suficientemente la contaminación atmosférica, es importante planificar la reducción del volumen emitido.

Existen métodos para reducir el volumen emitido, por ejemplo desulfurización de humos, captación de polvo y desnitrificación para control de humos. Se pueden emplear individualmente, pero se obtiene una mejor eficacia cuando se utilizan en combinación.

1 Desulfurización de humos

La desulfurización de humos reduce la proporción de azufre en más de un 85% y se utiliza ampliamente en Japón y otros países.

Como métodos de desulfurización de humos, se puede distinguir entre métodos de humectación y de desecado, pero en la actualidad la mayor parte de los empleados son los de humectación. Entre ellos, los principales en la actualidad y previsiblemente en el futuro son los métodos, de piedra caliza o cal viva que utiliza cal apagada o piedra caliza como agente de absorción.

2 Captadores de polvo de humos

Son sistemas que separan hollín recogidos de los gases emitidos en instalaciones de captación de polvo. Se utilizan diversos métodos de instalaciones de captación de polvo, y su eficacia varía.

En cuanto a instalaciones de captación de polvo, podemos distinguir seis clases: de gravedad, inerciales, centrífugas, de lavado, de filtro y electroestática.

De entre las citadas, las de gravedad y las inerciales, por su poca eficacia, apenas se utilizan.

(6) Reubicación de industrias

El traslado de una fábrica comporta grandes dispendios, pero sería deseable que las fábricas muy contaminantes fueran trasladadas sistemáticamente a zonas con mejores condiciones de dispersión.

5.1.2 Medidas del Gobierno Mexicano

En México recientemente se ha promulgado el Decreto Presidencial, "21 Medidas Contra la Contaminación Ambiental", en 1986, basado en las resoluciones de CONADE, para contrarrestar el avance de la contaminación atmosférica, concentrada en la Zona Metropolitana. Posteriormente, en 1987, CONADE ha publicado "Ecología, 100 Acciones Necesarias". Actualmente el gobierno nacional está estudiando la forma de poner en práctica estas medidas contra la contaminación atmosférica, parte de las cuales ya han sido llevados a la práctica.

Las medidas del gobierno nacional tomadas o planeadas son las siguientes.

(1) Centrales eléctricas

Actualmente, dentro de AMCM, existen dos Plantas termoeléctricas las de Valle de México e Ing. Jorge Luque, que abastecen el 10% de las necesidades de consumo de energía eléctrica de la Ciudad de México.

Las nuevas medidas que están tomándose o consideradas contra la contaminación atmosférica con relación a centrales eléctricas son:

- 1 Sustitución gradual de combustibles de combustóleo a gas natural.
- 2 Instalación de dispositivo para el control de emisión de gases.
- 3 Reducción o incluso clausura de actividades.
- 4 Instalaciones de dispositivo para control de emisión de gases.

(2) Refinerías petrolíferas

Dentro del Area Metropolitana de México existe la refinería de petróleos 18 de Marzo, y otras fuera del Valle de México.

Se indican a continuación las medidas de prevención de la contaminación atmosférica con relación a esta planta.

- 1 Prohibición de ampliaciones en el futuro.
- 2 Sustitución a combustibles de poco nivel de S.
- 3 Mejorar las instalaciones de almacenamiento para reducir los volúmenes emitidos de contaminantes atmosféricos (HC y similares).

Además, se recomienda la mejora de las instalaciones con el fin de atender a la demanda de combustible de buena calidad y bajo contenido de azufre.

(3) Diez grandes fábricas

Con relación a 10 grandes fábricas situadas en el Area Metropolitana, (2 de jabones y detergentes, 1 de cemento, 2 de papel, 1 de vidrio, 1 de siderurgia, 2 químicas y una de cerveza), están en proceso las siguientes medidas de prevención de la contaminación atmosférica.

- 1 Sustitución de combustible a gas natural.
- 2 Reducción de actividades según la estación del año.
- 3 Instalación de dispositivos de control de emisión de gases.

(4) Otras fábricas

Para el resto de fábricas, como medidas contra la contaminación atmosférica se ha adoptado la utilización de combustibles mejorados y la planificación de reubicación.

Actualmente, el contenido de azufre en combustóleo es de aproximadamente 3,0 - 3,4%, y se ha acordado emplear combustóleo cuyo contenido de azufre haya sido reducido hasta el 1%. Diesel, por su parte, contiene ahora 1,0% de azufre se ha decidido su reducción inmediata hasta el 0,5%, y hasta 0,3% en el futuro.

Con relación a los planes de reubicación de fábricas, se está dando fin al traslado de 14 fábricas, principalmente del ramo de fundición. Se ha decidido estudiar la adopción de incentivos para la introducción de equipos de prevención de la contaminación, el establecimiento de ventajas fiscales, y la creación de parques industriales.

También se está estudiando junto con este plan de erradicación de fábricas, la prohibición de construcción de nuevas plantas en zonas urbanas y de ampliación de las instalaciones ya existentes.

(5) Establecimiento comerciales y de servicios

Existen dentro de México D.F unos 5.500 establecimientos comerciales y de servicio que disponen de caldera. Utilizan como principal combustible el combustóleo, y se ha previsto reducir la contaminación atmosférica haciéndoles cambiar de combustóleo a diesel.

5.2 MEDIDAS CONTRA LA EMISION DE GASES DE LOS AUTOMOVILES

Los principales contaminantes de los gases emitidos por los automóviles son CO, HC y NO_x, producto de la combustión, y su forma de emisión se indica en la Figura 5.2.1.

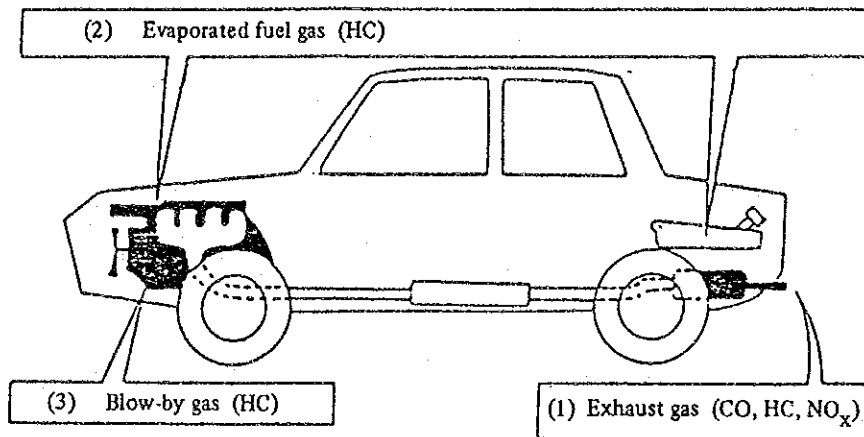


Fig. 5.2.1 Forma de Emisión de los Gases de los Automóviles

5.2.1 Medidas Contra Emisión de los Gases

Después de haberse promulgado en los Estados Unidos de América, en el Estado de California, se promulgaron las normas de emisión de gases de vehículos automóviles en 1962 como medida contra las nieblas fotoquímicas ("smog"); en los Estados de América, Japón, Europa, Australia, Asia y en otros países se han ido estableciendo normas de emisión de gases de automóviles o tienen previsto hacerlo. Con relación a dichas normas, los fabricantes de automóviles, como lo muestra la Tabla 5.2.1, están ideando diversas respuestas técnicas.

Tabla 5.2.1 Comparación de Dispositivos Típicos

Country	Control Device	HC	CO	NOx
ECE 15	PCV	x		
	TP or DP	x	x	
	SC	x		x
	Lean-Set Carb		x	
SWEDEN	PCV	x		
	TP or DP	x	x	
	SC	x		x
	EGR			x
	AI or AS	x	x	
CANADA	PCV	x		
	EVAP	x		
	TP or DP	x	x	
	SC	x		x
	EGR			x
	AI or AS	x	x	
	OC	x	x	
US '83	PCV	x		
	EVAP	x		
	DP	x	x	
	EGR			x
	TWC	x	x	x
	EFI	(Back up TWC)		
JAPAN 53	PCV	x		
	EVAP	x		
	DP	x	x	
	EGR			x
	TWC	x	x	x
	EFI	(Back up TWC)		

Note: PCV: Positive Crankcase Ventilation System
 TP : Throttle Positioner System
 DP : Dash Pot System
 SC : Ignition Timing Control System
 EGR: Exhaust Gas Recirculation System
 AI : Secondary Air Injection System
 AS : Secondary Air Suction System
 EVAP: Fuel Evaporation Emission Control System
 OC : Oxidizing Catalyst System
 TWC: Three-Way Catalyst System
 EFI: Electronic Fuel Injection System

5.2.2 Las Medidas del Gobierno de México Contra Emisión de Gases de Automóviles

El Gobierno mexicano tiene previstos los tres grandes planes siguientes:

1. Normas de emisión al ralenti de vehículos nuevos y parque en circulación.
2. Normas de emisión de gases para automóviles de pasajero, vehículos comerciales y pequeños camiones.
3. Introducción de gasolina sin aditivos de plomo.

Los valores de las normas de densidad al ralenti del punto 1, como lo muestra la Tabla 5.2.2, han resultado ser bastante estrictos como valores de tierras altas. El DDF tiene previsto inspeccionar en el plazo de tres años todos los vehículos ya en circulación en el Valle de México, unos 2.500.000.

Tabla 5.2.2 Reglamento de Emisión de Gases al Ralenti

Año	CO (% vol)		HC (ppm)	
	Lugar alto	Lugar bajo	Lugar alto	Lugar bajo
-1979	6,0	5,5	700	650
1980-1986	4,0	4,0	500	500
1987-	3,0	3,0	400	400

Los valores de normas de gases para vehículos nuevos del punto 2 se especifican en la Tabla 5.2.3, pero a partir de 1993 para automóviles de pasajeros, y de 1994 para vehículos comerciales y pequeños camiones, serán dictadas normas bastante estrictas. A tal fin, se considera que es necesaria la introducción de un sistema que utilice catalizadores como medio de actuar sobre los gases de emisión.

El punto 3 está relacionado con las normas de emisión de gases del punto 2, pero con relación a la aplicación del plan contra emisión de gases que utiliza catalizadores, si la gasolina contiene aditivos de plomo, los productos de la combustión se adhieren al catalizador y su eficacia se disminuye extraordinariamente y es indefectible el uso de gasolina sin plomo para poder emplear catalizadores.

Tabla 5.2.3 Normas de Emisión en México

Unidad: g/km

Items		Año						
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
HC	Automóviles de pasajeros	2,0		1,8	0,7		0,25	
	Vehículos comerciales			2,0				0,625
	Camionetas			3,0		2,0		0,625
CO	Automóviles de pasajeros	22		18	7,0		2,125	
	Vehículos comerciales			22,0				8,75
	Camionetas			35		22		8,75
NO _x	Automóviles de pasajeros	2,3		2,0	1,4		0,625	
	Vehículos comerciales			2,3				1,448
	Camionetas			3,5		2,3		1,448

Nota: 1. Vehículos comerciales PBV más de 2727 kg
 2. Camionetas PBV 2728 - 3000 kg

5.2.3 Sugerencia para las Medidas Contra la Emisión de Gases de Automóviles

En el sentido de promover las medidas contra los gases de emisión de vehículos previstas por el Gobierno Mexicano, unas sugerencias que se consideran necesarias se indican a continuación.

1. Como medida contra los gases emitidos por vehículos en circulación, se propone se reduzca el volumen emitido de CO y HC empleando recirculadores de aire.
2. Reducir el volumen de emisión de HC fuera del tubo de escape instalando equipos desoxidantes de gases del motor y de control de gases de evaporación del combustible.
3. Es necesario mejorar la calidad de la gasolina reduciendo en 1/3-2/3 el componente de azufre en las gasolinas y reducir los aditivos metálicos en los aceites lubricantes.

Como dispositivo contra emisión de gases, se considera que presenta mayores posibilidades por su efecto de mejora y de conveniencia el sistema de recirculación de aire mencionado en el punto 1. Las zonas contaminadas por CO y HC presentan un gran volumen de tráfico, su frecuencia de congestión es también grande, con el efecto de estos equipos de recirculación de aire se mejorará la calidad del aire.

La medida del punto 2 es para el HC expelido fuera del tubo de escape ilustrado en la Figura 5.2.1. El HC que se desprende de los gases del motor y de la evaporación del combustible constituye el 30 - 45% de las emisiones de los vehículos. Está establecida la obligación de instalar equipos de control de los gases de evaporación del combustible, pero no están establecidos los valores de control. Es necesaria la instalación de equipos adecuados. Existe la posibilidad de reducir en un 30-40% el volumen de HC con los equipos de desoxidación de gases del motor.

Con relación a la mejora de la calidad de la gasolina y los aceites lubricantes del punto 3, el Gobierno Mexicano planea eliminar la adición de plomo a la gasolina, y se considera que está incluido en el programa de

mejoramiento ambiental. Como medida anticontaminante ya se encuentra en la etapa de introducir catalizadores, y es necesario reducir el contenido de azufre en la gasolina del actual valor de 0,13% a 0,04% para prevenir la obstrucción de los catalizadores y también desde el punto de vista de la contaminación ambiental por SO₂.

5.2.4 Items de Estudio para Medidas Contra la Emisión de Gases de Vehículos

Con relación a la contaminación atmosférica de la Ciudad de México, la proporción de contribución de los gases emitidos de vehículos es extraordinariamente alta, y es necesario que las medidas para combatirla sean urgentes y armoniosas.

Para tal fin, es preciso que colaboren mutuamente los organismos gubernamentales, inclusive DDF, PEMEX (Petróleos Mexicanos), las industrias automotrices y los talleres de servicio para los automóviles, así como los usuarios.

A continuación, se citan los puntos que se deben tener en cuenta al introducir las medidas.

- 1 En México, la edad media de los vehículos en circulación es bastante larga. Los vehículos deberán ajustarse a esta condición y los dispositivos anticontaminantes montados también deberán mantenerse en su normal funcionamiento.

Es preciso, por todo ello, que los fabricantes de vehículos establezcan urgentemente la tecnología adecuada y ofrezcan a los talleres de servicio de los concesionarios los recambios y refacciones necesarias.

- 2 Es necesario establecer el sistema de verificación rigurosa de los vehículos y al mismo tiempo, el sistema de mantenimiento e inspección.
- 3 Para los talleres de servicio, es necesario establecer sistema de educación, técnica, e instalación de quipos adecuados.

- 4 Es necesario mejorar la calidad de la gasolina y aceites lubricantes, y establecer el sistema de suministro de gasolina sin y con plomo.
- 5 Es necesario establecer medidas para evitar refrenamiento contra el avance de renovación de vehículo por aumento de precio de los nuevos vehículos revisando los sistemas de impuestos incluyendo incentivos para vehículos equipados adecuadamente, y penalizaciones a los vehículos contraventores.

5.3 MEDIDAS PARA EL TRAFICO DE LOS AUTOMOVILES

5.3.1 Perfil

Para reducir la cantidad global de gases de emisión de vehículos, también es necesario limitar el volumen del tráfico. En términos generales, los planes de control del volumen de tráfico de vehículos pueden subdividirse en los siguientes:

- (1) Reducir el volumen general del tráfico mediante la reducción del empleo de vehículos privados y aumentando los transportes públicos colectivos.
- (2) Regulando el recorrido de los vehículos, reducir el número de vehículos en circulación, reducir las distancias circuladas, reducir el tiempo de circulación haciéndola más fluida.
- (3) Hacer más fluida la circulación racionalizando el aparcamiento.
- (4) Limitar la producción y la posesión de vehículos.
- (5) Reducir la distancia y frecuencia de circulación, racionalizando la planificación urbana.

La Ciudad de México está promoviendo también estas medidas basadas en el plan de desarrollo urbano y el plan integral de transporte y vialidad.

5.3.2 Potenciación de los Sistemas de Transporte Público Colectivo

(1) Metro

En el Plan Integral de Transporte y Vialidad de la Coordinación General de Transporte (CGT), oficina de tráfico de DDF, se encuentran elaborado planes de ampliación y mejora a corto (1988), medio (1989 - 1994) y largo (1995 - 2000) plazo de medios de transporte público colectivo de todo tipo.

Se contempla la prolongación de unos diez km por año hasta 1994, y en adelante hasta el 2000 de 5 km/año. Así, se prevé que en 1994 el volumen diario de pasajeros por trayecto será de 7.400.000 persona. viaje llegando a 22,9% en todos los medios de transporte, y en el año 2000, del mismo modo, de 8.560.000 persona/viaje con 21,1%.

(2) Trolebuses y tren ligero

Con relación a los trolebuses, para poder potenciar su capacidad de transporte aprovechando al máximo la red actual, se subraya la renovación y reestructuración de vehículos y además existe un plan para prolongar las líneas preferiblemente a zonas de elevada contaminación atmosférica y a áreas de grandes pendientes, donde la introducción de autobuses urbanos no resulta adecuada. Por otra parte, será ampliada la línea de tren ligero con base en los resultados obtenidos de la línea de Tasquena, que está en servicio desde 1986.

En 1988, será instalada una nueva línea de unos 90 km de trolebuses y otra de 7 km. Hasta 1994 se prevé prolongar 200 km de las líneas de trolebuses y hasta el año 2000 otros 200 km, previéndose además el nuevo tendido de una o dos líneas de tren ligero.

Según estas ampliaciones, la proporción de usuarios de trolebuses y tren ligero presumiblemente aumentará del 3,1% actual a un 6,7% en el año 2000.

(3) Autobuses urbanos (Ruta 100)

Ultimamente, existe una tendencia a utilizar menos los autobuses urbanos. Para contrarrestarla, se ha decidido potenciar el servicio aumentando las operaciones, hasta poder atender suficientemente la demanda de la red actual.

En el plan a largo plazo, se tiene pensado llegar a los 4.630 vehículos individuales y 1.735 articulados (convertidos en unidades, un total de 8.100), y alcanzar una ocupación por día y unidad de 1.200 pasajeros.

Ejecutando los planes antecitados, en 1994 se prevé que el número de usuarios sea de 7.800.000/persona/viaje por día, 24,1% del total, y en el año 2000 de 9.700.000/persona/viaje por día, 24,0% del total.

(4) Taxis, taxis colectivos, transportes ejecutivos

Además de supervisar mejora de servicio manteniendo el número de licencias de taxis individuales y colectivos, se está pensando en promocionar los transportes de alta calidad mediante minibuses dirigidos a los usuarios actuales de vehículos particulares.

- (5) Estos planes pretenden potenciar la mejora de la calidad del servicio, y hasta el año 2000 por la mejora del servicio de otros medios de transporte colectivos, se prevé reducir la proporción de transporte a cargo de taxis individuales, colectivos y transportes ejecutivos en un 12,3%.

5.3.3 Vías, Aparcamientos, Transportes Zonales

(1) Infraestructura viaria

En el plan de DDF-CGT, se ha previsto seleccionar método de transporte de bajo costo, aprovechando eficazmente la infraestructura de caminos ya existente. Con relación a la nueva construcción de vía, existen directrices tendientes a favorecer los transportes públicos más que a los vehículos particulares.

(2) Aparcamientos

Para reactivar la capacidad de transporte de las vías, perjudicada por los aparcamientos en las vías, y para controlar la entrada de vehículos particulares a zonas de gran popularidad muy congestionadas, DDF ha creado un plan de ejecución detallado.

(3) Zonas de transbordo

Para transbordar entre sistemas de transporte, existen en la actualidad 29 correspondencias, de las cuales 25 se encuentran en zonas próximas a estaciones de Metro. En el plan de DDF, además de preparar la infraestructura para mejorar la capacidad de las correspondencias actuales, está contemplada la construcción de otras nuevas. En este tema, existe la previsión de ir potenciando las correspondencias de los autobuses urbanos y trolebuses con el metro, y posteriormente ir desplazando el énfasis hacia correspondencias de medios de transporte de envergadura media y pequeña.

(4) Transporte de carga

Un sistema de transporte de carga racional contribuye a la fluidez del tráfico viario. DDF tiene planes de racionalización de diversos tipos con relación al transporte de carga. Especialmente, como plan relativo a la mejora del tráfico en las vías, se incluye el traslado de centros de distribución y acopio de mercancías que causa congestionamientos, y el establecimiento de horas de reparto por cada ruta troncal y por cada zona.

(5) Transporte zonal

Se ha dispuesto la cooperación y colaboración entre DDF, el Estado de México y organismos federales interesados en coordinar los servicios de transportes zonales con la infraestructura del tráfico en DF y las zonas urbanas del Estado de México sistematizándola.

DF y el Estado de México están creando en coordinación programas de muy diversos tipos: de integración de rutas para uso de transportes de gran volumen con líneas de autobuses especiales.

5.3.4 Control del Uso de Vehículos Particulares

Los vehículos particulares en la actualidad dentro del AMCM constituyen aproximadamente el 80% del tráfico total de vehículos en las vías con 2.350.000 unidades. (véase Tabla 2.6.1). El promedio de pasajeros en estos vehículos es de 1,7 por vehículo, y sólo atienden al 18% del número total de usuarios de sistemas de transporte.

La existencia o no de congestión viaria, que surge al superarse cierto nivel de la contingencia de vehículos en circulación, responde en ciertas zonas a muy pequeñas diferencias en el número de vehículos en circulación. Por ello, dado el gran impacto que tiene incluso la reducción de un 10% del número de vehículos privados en circulación, puede esperarse que se solucionen en muchos puntos los embotellamientos. El volumen de reducción de contaminantes atmosféricos es difícil de determinar, pero aplicando la reducción de 10% del número de vehículos privados en circulación, al reducir la congestión se reduce el consumo de combustible, y pueden esperarse resultados dignos de mención.

5.4 CANTIDAD DE EMISIONES DE SUSTANCIAS Y PARTICULARES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS DESPUES DE LA APLICACION DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS

5.4.1 Programa de Medidas Correctoras y Premisas de Cálculo de Volumen de Emisiones de Sustancias y Partículas Contaminantes a la Atmosférica

Dentro de los planes comentados con relación a la posibilidad de cuantificar el cambio de volumen de emisiones, se establece un programa para su ejecución y se calcula el volumen de emisión de contaminantes con posterioridad a la aplicación de medidas correctoras. En cuanto a períodos de cálculo, se distinguen dos, denominados respectivamente planes a corto y a largo plazo, el primero de los cuales dura desde el momento presente hasta 1993, cinco años, y el segundo hasta la entrada del nuevo milenio, el año 2000.

(1) Medidas contra fuentes fijas de contaminación

Tal como se ha indicado en 5.1.2, en el perfil de planes contra fuentes fijas de contaminación en fase de planificación o ejecución del Gobierno Mexicano, existen las cuestiones del plan de suministro de combustibles de buena calidad, como el gas natural, y las características de cada origen de contaminación, y quedan algunos puntos carentes de aclaración con respecto al programa de ejecución de estos planes.

Además, existen fuentes de contaminación, como la central térmica de Valle de México, en las cuales no se ha determinado todavía qué planes llevar a cabo, si equiparlas con instalaciones de desulfurización de humos o por el contrario fomentar el empleo de gas natural. Por ello, basados en las premisas a continuación, se han preparado planes a corto (hasta 1993) y a largo (hasta el 2000) plazo, y se ha determinado el programa de su puesta en práctica.

- 1 Suministrar gas natural de preferencia a las diez grandes fábricas y a la refinería de petróleos 18 de Marzo.

- 2 Por lo tanto, debido a la situación actual de la oferta de gas natural, no se propone incrementar el suministro para las dos Centrales Térmicas, debiéndose determinar para ellas otras medidas.
- 3 Hasta el año 2001, básicamente, cumplir con la ejecución de los planes, y hasta 1993 tenerlos cumplimentados hasta en un 40% aproximadamente.
- 4 La proporción de reducción de contaminantes de cada medida sefa la siguiente:

Empleo de gas natural:	Reducción del 100% del SO _x y hollín
Desulfurización de humos:	85% del SO _x
Quemadores de bajo NO _x :	30% del NO _x
Cambio a combustibles de bajo contenido es:	Reducción comparable de SO _x a la reducción en la proporción de S del combustible

El contenido de las medidas a corto y largo plazo establecidos con base a lo postulado anteriormente se muestra en la Tabla 5.4.1 y sus respectivas tasas de reducción de SO_x, NO_x y humo y hollín se indican en la Tabla 5.4.2.

Tabla 5.4.1 Propuesta de Programa de Medidas Contra Fuentes Fijas de Contaminación

Fuente de contaminación	Medidas a corto plazo (1993)	Medidas a largo plazo (2001)
Central Térmica VALLE DE MEXICO	<ul style="list-style-type: none"> a. Sustituir 40% de combustóleo con contenido de azufre de 3,5% de S por combustóleo de 1% de S. b. Instalar, en un 40%, equipos de desulfurización de humos en las instalaciones de combustión de combustóleo. c. Utilizar en el 40% de las instalaciones quemadores de bajo NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio total a combustóleo de 1% S. b. Instalar equipos de desulfurización de humos en todas las instalaciones de combustión de combustóleo. c. Utilizar en todas las instalaciones quemadores de bajo NO_x.
Central Térmica ING. JORGE LUQUE	<ul style="list-style-type: none"> a. Sustituir 40% de combustóleo con contenido de 3,5% de S por combustóleo de 1% de S. b. Interrupción de actividades en invierno (noviembre a enero). c. Utilizar en el 40% de las instalaciones quemadores de bajo NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio total a combustóleo de 1% de S. b. Interrupción de actividades en invierno (noviembre a enero). c. Utilizar en todas las instalaciones quemadores de bajo NO_x.
Refinería de Petróleo 18 DE MARZO	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambiar en un 40% el combustóleo (3,5% S) por gas natural. b. Utilizar en el 40% de las instalaciones quemadores de bajo NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio total a gas natural. b. Utilizar en todas las instalaciones quemadores de bajo NO_x.
10 Grandes Fábricas	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambiar en un 40% combustóleo (3,5% S) por gas natural. b. Reducción del 30% de las actividades en invierno (noviembre a enero). c. Utilizar en el 40% de las instalaciones quemadores de bajo NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio total a gas natural. b. Reducción del 30% de las actividades en invierno (noviembre a enero). c. Utilizar en todas las instalaciones quemadores de bajo NO_x.
Otras Fábricas	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambiar en un 40% combustóleo de 3,5% de S por combustóleo de 1,0% de S. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio total a combustóleo de 1% de S.
Establecimientos Comerciales y de Servicios	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio de combustóleo (3,5% S) a diésel (0,5% S). 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambio a diésel de 0,3% S.

Tabla 5.4.2 Tasas de Reducción de Contaminantes de Fuentes Fijas

Fuentes de contaminación	Medidas	A corto plazo			A largo plazo		
		SO _x	NO _x	Humo y hollín	SO _x	NO _x	Humo y hollín
Valle de México (Termo-eléctrica)	a. Uso de combustoleo con bajo contenido de azufre	29	-	-	71	-	-
	b. Desulfurización de gas emitido	24	-	-	25	-	-
	c. Uso de quemador de bajo NO _x	-	12	-	-	30	-
	Total	53	12	-	96	30	-
Jorge Luque (Termo-eléctrica)	a. Uso de combustoleo con bajo contenido de azufre	29	-	-	71	-	-
	b. 30% de reducción de operación en invierno	12	15	17	13	30	43
	c. Uso de quemador de bajo NO _x	-	12	-	-	30	-
	Total (invierno)	41	27	17	84	60	43
	Total (otras estaciones)	29	12	-	71	30	-
18 de Marzo (Refinería)	a. Uso de gas natural	40	-	40	100	-	100
	b. Uso de quemador de bajo NO _x	-	12	-	-	30	-
	Total	40	12	40	100	30	100
10 grandes fábricas	a. Uso de gas natural	40	-	40	100	-	100
	b. 30% de reducción de operación en invierno	3	5	3	-	9	-
	c. Uso de quemador de bajo NO _x	-	12	-	-	30	-
	Total (invierno)	43	17	43	100	39	100
	Total (otras estaciones)	40	12	40	100	30	100
Otras fábricas	a. Uso de combustoleo con bajo contenido de azufre	29	-	-	71	-	-
Establecimientos comerciales y de servicios	a. Uso de combustoleo con bajo contenido de azufre	34	-	-	91	-	-

(2) Medidas relativas a los vehículos

Según se ha comentado anteriormente, el Gobierno Mexicano está planeando diversas medidas.

Estas incluyen las medidas que serán aplicadas para cada vehículo y otras relacionadas al volumen de tránsito y circulación.

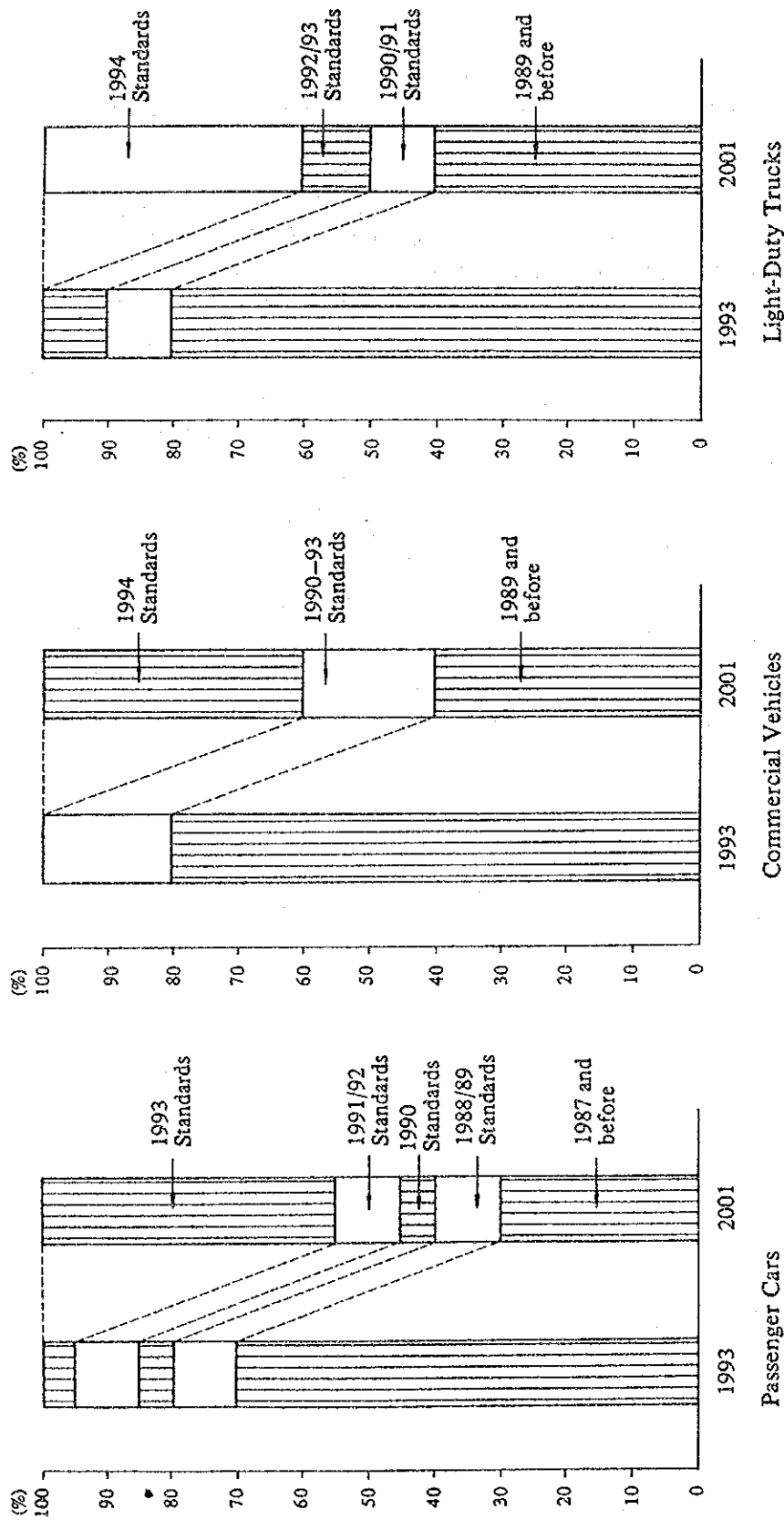
En este estudio, se prestó atención principalmente a la evaluación del efecto de la implementación de estas nuevas regulaciones propuestas por el Gobierno. Para aclarar dicho efecto, el volumen de tránsito, flujo de tráfico y número de automóviles y sus proporciones según el tipo fueron tratados invariables.

Para estimar el volumen de emisión de contaminantes por automóviles en futuros años se establecieron las premisas siguientes.

- (1) La norma de emisión de gases indicada en la Tabla 5.2.3 sea implementado de acuerdo al programa.
- (2) Se ha postulado una renovación anual del parque vehicular del 5%, es decir, los vehículos que cumplan las nuevas normas aumenten cada año en un 5%, y los vehículos de fabricaciones anteriores se reduzcan en un 5%.

En base a esta premisa, los cálculos de proporción estructural de vehículos se indica en la Figura 5.4.1.

Además, se ha tomado la hipótesis de que la proporción de S en combustibles que influye sobre el volumen de emisión de SO_2 , sea de 0,13% en las gasolinas, 1,0% en diesel para camiones, y de 0,5 en diesel para autobuses tanto en la actualidad como en el futuro. En esta estimación futura de los volúmenes de emisión año a año no se incluyen los efectos de las sugerencias de la parte japonesa.



Nota: (1) Norma para emisión de gas de cada tipo de vehículos se indica en la Tabla 5.2.3.
 (2) Norma para emisión de gas de automóviles nuevos a gasolina se indica en la Tabla 5.2.2.

Fig. 5.4.1 Estimación de la Composición de Vehículos en Circulación

5.4.2 Cálculo del volumen de Emisión de Contaminantes Atmosféricos después de Establecer las Medidas Correctoras

En base a las medidas contra fuentes de contaminación de todo tipo estudiadas, los resultados del cálculo de volumen de emisión de contaminantes con posterioridad a la aplicación de medidas son los siguientes:

(1) Medidas a corto plazo (1993)

El volumen de contaminantes de todas las fuentes como resultado de los cálculos basados en las medidas a corto plazo implica una reducción con relación a los valores anteriores a la aplicación de las medidas de 35,2% con relación al SO_x ; 18,1% con relación al CO; 6,6% con relación a NO_x ; y 18% en cuanto a hollín.

(2) Plan a largo plazo (2001)

El volumen de contaminantes de todas las fuentes como resultado de los cálculos basados en las medidas a largo plazo implica una reducción con relación a los valores anteriores a la aplicación de las medidas de 74,0% con relación al SO_x ; 40,1% con relación al CO; 25,0% con relación a NO_x ; y 42,6% en cuanto a hollín.

5.4.3 Resumen de Volumen de Emisión de Contaminantes después de la Aplicación de Medidas Correctoras

La tendencia a la reducción del volumen de contaminantes por años sucesivos a la aplicación de las medidas se indica en la Figura 5.4.2. Es especialmente grande la reducción del SO_x procedente de fuentes fijas.