

ANEXO A
MEMORIAS DE CÁLCULO

A.1. FUENTES FIJAS

El inventario de emisiones de fuentes puntuales para 1998, está integrado por las emisiones de 6,233 industrias. Es importante mencionar que para fines de cálculo, se utilizaron los datos que proporciona el industrial en la cédula de operación anual (COA). Se calcularon las emisiones de 1,584 industrias con datos de 1998, para el resto de las industrias se tomó la información de la COA entregada más reciente a 1998, esto debido a que existen industrias que no cumplieron con la entrega de la COA que contiene datos del año 1998.

Con base en la información contenida en la COA se realizó el cálculo de las emisiones, utilizando las siguientes técnicas de estimación de emisiones de fuentes puntuales¹: factores de emisión, medición en la fuente, balance de materiales y los modelos de emisiones.

Las actividades realizadas para estimar las emisiones fueron las siguientes:

- ?? Control de calidad de la información de la COA
- ?? Captura de datos de la COA
- ?? Control de calidad de la captura
- ?? Cálculo de emisiones
- ?? Análisis de resultados

Una parte fundamental del desarrollo del inventario de emisiones de fuentes puntuales, fue la identificación y manejo de la información básica contenida en la COA para realizar el cálculo de la emisión, esta información se divide en:

Información general (datos de registro): nombre o razón social de la empresa, dirección, teléfono y croquis de localización, entre otros. Esta información es indispensable para ubicar físicamente a la empresa.

Información técnica: Número de empleados, horarios de trabajo, descripción y diagrama de flujo de los procesos, materias primas utilizadas, productos obtenidos, cantidad y tipo de combustible, contaminantes generados, equipos de combustión, equipos de proceso, equipos de control, etc. Esta información es indispensable para realizar el cálculo de las emisiones.

La mayor parte de los cálculos de las emisiones, se realizó considerando los datos de actividad como resultado del análisis de la información de la COA y los factores de emisión de la USEPA.

A.1.1. Factores de emisión para combustibles fósiles.

¹ Para un análisis más detallado de estos métodos, referirse al Volumen III: Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones.

Una parte de las emisiones de la industria son resultado de la combustión de los combustibles fósiles, los contaminantes que se generan son partículas menores a 10 µm (PM₁₀), bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), entre otros. A condiciones inapropiadas de una mezcla pobre de aire/combustible, se generan mayores cantidades de emisiones de PM₁₀, CO y emisiones de HC; para el caso de las emisiones de SO₂ estas dependen de la concentración de azufre del combustible; y las emisiones de NO_x dependen principalmente del tiempo de exposición a altas temperaturas en la cámara de combustión, concentración de oxígeno, tamaño y diseño de los equipos de combustión (tipo de quemadores y sistemas de control). Los factores de emisión del AP-42², usados para los cinco contaminantes criterio generados durante el proceso de combustión se muestran en las siguientes tablas.

Tabla A.1.1.1. Factores de emisión por combustión con gas natural en calderas > a 100 millones de BTU/hr (> 3000 cc)

Tipo de control	[kilogramo/millón m ³]				
	PM ₁₀	SO _x *	CO	NO _x	HC**
Sin control	121.6	9.6	1,344	3,760	176
Quemador de bajo NO _x (QBN)				2,240	
Recirculación de gases (RG)				1,600	
Quemador tangencial sin control			384	2,720	
Quemador tangencial RG			1,568	1,216	

*El SO_x, es principalmente SO₂

**Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

Tabla A.1.1.2. Factores de emisión por combustión con gas natural en calderas < a 100 millones de BTU/hr (< 3000 cc)

Tipo de control	[kilogramo/millón m ³]				
	PM ₁₀	SO _x *	CO	NO _x	HC**
Sin control	121.6	9.6	1,344	1,600	176
Quemador de bajo NO _x (QBN)				800	
Recirculación de gases (RG)				512	
Quemador tangencial sin control			384	2,720	
Quemador tangencial RG			1,568	1,216	

*El SO_x, es principalmente SO₂

**Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

² Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, volume I, Stationary Point an Area Sources.

Tabla A.1.1.3. Factores de emisión por combustión de gas LP ³ en calderas > 100 millones de BTU/hr > 3000 c.c.

Compuesto	[kilogramo/ m ³]				
	PM ₁₀	SO _x *	CO	NO _x	HC**
Butano	0.072	0.0108S	0.432	2.52	0.072
Propano	0.072	0.012S	0.384	2.28	0.06

*El SO_x es principalmente SO₂

**Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT)

En el caso de gas LP, "S" es el contenido de azufre expresado en gr/pie³ de vapor gas.

En México S=0.009 g/m³ equivalente a 0.0039 gr/pie³.

Para aplicar los factores de emisión del combustóleo y diesel, es importante conocer el contenido de azufre ya que esto determina las emisiones de SO₂. La emisión de partículas depende principalmente del tipo de combustible quemado (los combustibles ligeros emiten menos que los pesados), contenido de cenizas y eficiencia de combustión, las demás emisiones dependen principalmente de la eficiencia de combustión de las calderas, para este caso se consideró un contenido de azufre del 2% para el gasóleo y del 0.5% para el diesel.

Tabla A.1.1.4. Factores de emisión por combustión de combustóleo, diesel y gasóleo en calderas > a 100 millones de BTU/hr (> 3000 cc)

³ El gas LP comercializado en la ZMVM esta compuesto por 60% propano y 40% butano, así como etilmercaptano para la identificación de fugas.

Anexo A

Combustible	Tipo de quemador	Factores de emisión [kg/m ³]							% peso Azufre (S)
		PM ₁₀			SO _x *	CO	NO _x	HC**	
		Sin control	Precipitador electrostático	Lavador de gases					
Combustóleo pesado (n° 6 oil fired)	Normal (10100401)	0.79296(S)+0.29196	5.6448E-3(S)+1.8648E-3	0.0672(S)+0.0222	18.84S	0.6	5.64	0.1248	3.8
	Normal QBN (1-01-004-01)						4.8	ND	
	Tangencial (10100404)						3.84	0.1248	
	Tangencial QBN (1-01-004-04)						3.12	ND	
Combustóleo ligero (n° 5 oil fired)	Normal (10100401)	0.8496	6.05E-03	0.072	18S	0.6	5.64	0.1248	3
	Tangencial (10100404)						3.84		
Gasóleo (n° 4 oil fired)	Normal (10100401)	0.59472	4.23E-03	0.0504	18S	0.6	5.64		2
	Tangencial (10100404)						3.84		
Diesel (n° 2 oil fired)	(1-01-005-01)	ND	ND	ND	17.04S	0.6	2.88	ND	0.5
	(1-02-005-01)								
	(1-03-005-01)								
	QBN/RG						1.2		

ND: No disponible

*El SO_x es principalmente SO₂

**Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de compuestos orgánicos totales (COT)

En el caso de gas LP, *S* es el contenido de azufre expresado en gr/pie³ de vapor gas.

En México S=0.009 g/m³ equivalente a 0.0039 gr/pie³.

Tabla A.1.1.5. Factores de emisión por combustión de combustóleo, diesel y gasóleo en calderas < 100 millones de BTU/hr (< 3000 cc)

Combustible	Tipo de quemador	Factores de emisión [kg/m ³]						% peso Azufre (S)
		PM ₁₀		SO _x *	CO	NO _x	HC**	
		Sin control	Ciclón múltiple					
Combustóleo pesado (n° 6 oil fired)	1-02-004-01/02/03	0.963648S+0.318348	0.212352S+0.070152	18.84S	0.6	6.6	0.1536	3.8
Combustóleo ligero (n° 5 oil fired)	1-02-004-04	1.03248	0.22752					
Gasóleo (n° 4 oil fired)	1-02-005-04	0.722736	0.159264	18S		2.4	0.03024	2
Diesel (distillate oil fired)	1-02-005-01/02/03	0.12	ND	17.04S				

ND: No disponible

*El SO_x, es principalmente SO₂

**Para el cálculo de HC, se tomó el factor de emisión de compuestos orgánicos totales (COT)

En combustibles líquidos *S* Indica el contenido en % peso de azufre en el combustible.

Durante el periodo de captura de la cédula de operación anual (COA) se realiza un control de calidad, para determinar que información es correcta y puede utilizarse, con el resultado de esta actividad se obtiene una base de datos que se reanaliza principalmente en los datos que se usan en el cálculo de emisiones. La información mínima para estimar las emisiones de una industria en particular consiste en determinar la capacidad del equipo, el consumo y tipo de combustible, el tipo de quemador y si cuenta con algún sistema de control para los gases de combustión y horarios de operación, ver diagrama A.1.1.1.

Existen conversiones previas a la selección del factor de emisión como en la capacidad térmica del equipo de combustión, las unidades de consumo de combustibles; y la revisión del contenido de azufre en los combustibles, usados conforme a la NOM-086-ECOL94. Para los equipos de control se analiza: si el equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante, el tipo de equipo para saber que contaminante controla y eficiencia del equipo. Así toda la información es evaluada, analizada y procesada con la siguiente ecuación:

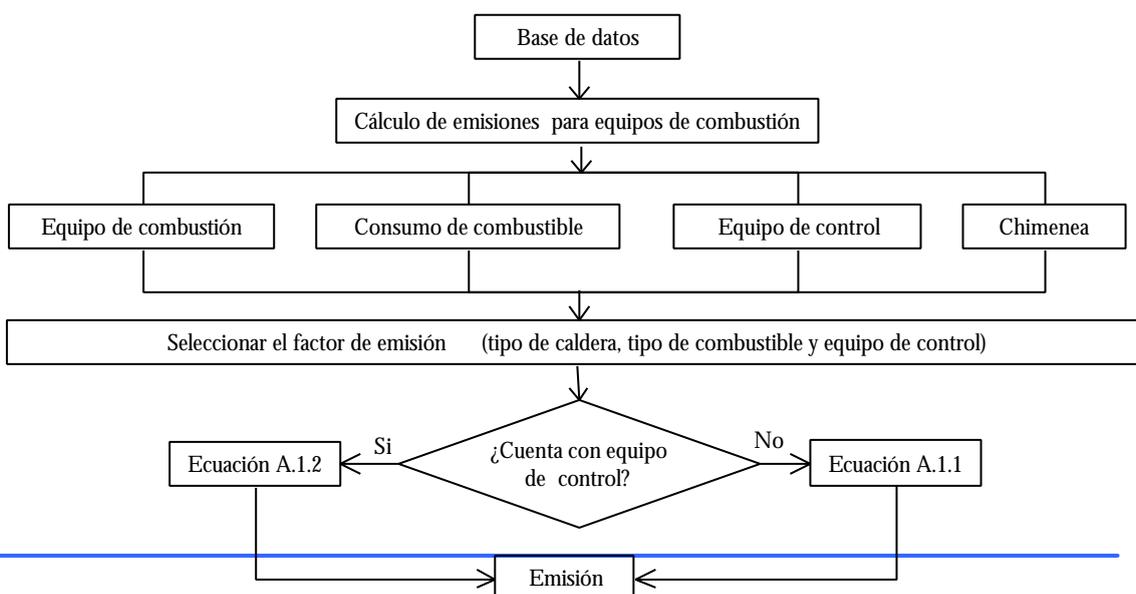
$$E = A \times FE \quad \text{Ecuación A.1.1.}$$

$$E = A \times FE \left(\frac{1-EC}{100} \right) \quad \text{Ecuación A.1.2.}$$

Donde

- E: Emisión de contaminante
- A: Tasa de activada (por ejemplo, consumo de combustibles, cantidad y tipo de materia prima procesada, productos, etc)
- FE: Factor de emisiones, [kg de contaminante emitido por m³ de combustible]
- EC: Eficiencia total de reducción de emisiones expresada en porcentaje como producto de la eficiencia de un sistema de control que incluye un equipo de captura y de control

Diagrama A.1.1.1. Etapas para el cálculo de emisiones en equipos de combustión



A.1.2. Factores de emisión para procesos.

Para realizar las estimaciones de emisiones en el proceso se pueden utilizar factores de emisión del Source Code Clasification (SCC)* estos representan las cantidades de contaminantes emitidos por cada parte del proceso, a continuación se enlistan estos procesos.

Tabla A.1.2.1. Factores de emisión para la fundición del hierro gris

SCC	Nombre del Proceso.	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NOx	COV _s	CO	HC	
Fundición de hierro gris - 3321								
3-04-003-01	Horno de cubilote		0.60	0.05	0.09		0.14	Tons. de metal cargado
3-04-003-01	Horno de cubilote	6.20	0.60	ND	ND	73.0		Tons. de hierro gris
3-04-003-02	Horno de reverberación	0.85		2.90	0.08	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-02	Horno de reverberación		ND	ND	ND	ND		Tons. de hierro gris
3-04-003-03	Horno de inducción eléctrica	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-03	Horno de inducción eléctrica		Neg	ND	ND	Neg		Tons. de hierro gris
3-04-003-04	Horno de arco eléctrico		0.12					Tons. de metal cargado
3-04-003-04	Horno de arco eléctrico	5.80		0.30	0.15	19.0		Tons. de hierro gris
3-04-003-05	Operaciones de templado			0.50	0.05			Tons. procesadas
3-04-003-10	Inoculación	1.60			0.0025			Tons. de metal inoculado
3-04-003-15	Carga manual	0.18	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-15	Carga manual							Tons. de hierro producido
3-04-003-20	Vaciado / moldeado	0.94	0.01	0.01	0.06			Tons. de metal cargado
3-04-003-18	Vertido/frío	1.03						Tons. de hierro producido
3-04-003-25	Moldeado en frío	0.70	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-31	Moldeado por sacudido	1.12	0.00	0.00				Tons. de hierro producido
3-04-003-31	Moldeado por sacudido				0.60			Tons. de metal cargado
3-04-003-32	Moldeado por golpeo		0.00	0.00	0.60			Tons. de arena manejada
3-04-003-32	Maquina de sacudido		0.00	0.00	0.60			Tons. de arena manejada
3-04-003-40	Esmerilado / limpiado	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de metal cargado
3-04-003-41	Vaciado limpiado de tambores		0.00	0.00	0.00			Tons. de piezas moldeadas limpiadas
3-04-003-42	Vaciado limpiado de desbastadores		0.00	0.00	0.00			
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART)	0.27	0.00	0.00	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART) Casa							
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo (c. PART)							
3-04-003-51	Hornos de lingoteado (c. PART)	1.11	0.02	0.25	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-52	Esmerilar con arena / manejo	3.00	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-53	Hornos de lingoteado	0.45		0.25	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-54	Hornos de lingoteado		0.00	0.00	0.00			Litros de aceite para lingote usados
3-04-003-55	Secado con arena		0.16	0.25	0.00			Tons. de arena manejada
3-04-003-56	Silo de arena		0.17	0.25	0.00			
3-04-003-57	Elevadores / transportadores		0.00	0.80	0.00			
3-04-003-58	Pantallas de arena		0.00	0.00	0.00			
3-04-003-60	Terminado de moldeado (c. PART)	0.00	0.00	0.00	0.00			Tons. de metal cargado
3-04-003-70	Máquina lingoteadora de cubiertas		0.16	0.25	0.00			Tons. de lingote producidos
3-04-003-71	Otras máquinas lingoteadoras		0.16	0.25	0.00			
3-04-003-98	Otras no clasificadas							Litros
3-04-003-99	Otras no clasificadas							Tons. de metal cargado
Con equipo de control								
3-04-003-01	Lavador húmedo (y otro no listado)							Tons. de hierro producido
3-04-003-	Lavador de alta energía					73.0		
3-04-003-	Lavador venturi	1.17						
3-04-003-	Precipitador electrostático							
3-04-003-	Casa de bolsa	0.38						
3-04-003-	Lavador (una sola tapa húmeda)							
3-04-003-	Lavador (impingement)							
3-04-003-02	Casa de bolsa							
3-04-003-03	Casa de bolsa							
3-04-003-04	Casa de bolsa							

*SCC estándar clasificación code 1999. Adecuación INE, DF y EdoMéx.

HC calculado como COT

Tabla A.1.2.2. Factores de emisión para la fabricación de plásticos

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NOx	COV's	CO	HC	
g) Producción de plásticos-productos específicos-2821(f)								
3-01-018-01	PVC y copolímeros	11.51	0.01	100.10	8.51			Tons. de producto
3-01-018-02	Polipropileno y copolímeros: General	1.00		65.56	0.35			
3-01-018-03	Copolímeros etileno-propileno: General							Tons. de producto
3-01-018-05	Resinas fenólicas: General				7.31			
3-01-018-07	Polietileno (alta densidad): General	0.33						Tons. de producto
3-01-018-08	Almacenam. monomero v solventes		0.00	0.00	12.71			
3-01-018-09	Extruder		0.00	0.00	5.51			
3-01-018-10	Recuperador		0.00	0.00	0.23			
3-01-018-11	Almacenamiento		0.00	0.00	0.01			
3-01-018-12	Polietileno baja densidad: General	0.33			3.85			
3-01-018-13	Recuperador v sistema de purificación		0.00	0.00	30.03			
3-01-018-14	Extruder		0.00	0.00	30.00			
3-01-018-15	Silo de pelet		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-16	Transferencia/manejo/carga/empacado		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-17	Poliestireno: General				5.56			
3-01-018-18	Reactor				0.00			
3-01-018-19	Recuperador de solventes		0.00	0.00	1.60			
3-01-018-20	Secador de polímeros				0.00			
3-01-018-21	Extrusión/pelotizado/recuperac./almac		0.00	0.00	0.15			
3-01-018-22	Resinas acrílicas: Genera				0.60			
3-01-018-27	Resinas poliámidas: General			0.50	0.80			
3-01-018-32	Resinas urea-formaldehidos: General				7.40			
3-01-018-37	Resinas poliéster: General				0.25			
3-01-018-38	Resinas poliéster alquídicas: P. Kettle		0.00	0.00	2.40	0.00		
3-01-018-39	R. polies. alg. Tang. Adela. Resinas	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00		
3-01-018-40	R. polies. alg. Tang. almacen. Resinas	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00		
3-01-018-42	Resinas melámicas: General				25.02			
3-01-018-47	Resinas epoxicas: General				2.55			
3-01-018-49	R. acrílonitrilo-butadieno-estireno (ABS)				30.03			
3-01-018-52	Polifluorocarbonos: General						Tons. R. poliéster alg.	
POLIETILENO-2821 (f)								
3-01-018-60	Sistema de recuperación				20.02		Tons. solv. para	
3-01-018-61	Sistema de purificación				15.01		1000L R. dil. almacenada	
3-01-018-63	Extruder		0.00	0.00	15.01		Tons. de producto	
3-01-018-64	Silo almacenador de pelet		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-65	Transferencia/transportación		0.00	0.00	0.00			
3-01-018-66	Empaquetado/distribución		0.00	0.00	0.00			

La siguiente tabla muestra los kilogramos de partículas PM₁₀ emitidos por cada tonelada de pigmento utilizado en la fabricación de pinturas y los kilogramos de COV's por cada tonelada de recubrimiento producido. Cabe aclarar que la generación de PM₁₀ está ligada con la cantidad de pigmentos que se manejan para la producción de pinturas; la generación de COV's está ligada en este caso no directamente con la cantidad de material volátil que contiene el recubrimiento en su formulación, sino con los procesos de mezclado donde se preparan los recubrimientos. El factor de emisión para COV's cubre el aspecto de la fabricación de pintura y barniz y no por su aplicación como recubrimiento.

Tabla A.1.2.3. Factores de emisión para fabricación de pinturas y barnices

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NOx	COV's	CO	HC	
e) Fabricación de pinturas 2852								
3-01-014-01	Mezcla v manejo general (c. PART)		0.00	0.00		0.00		Tons. pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00		Tons. de pigmento
3-01-014-03	General:Pérdidas de solventes							Tons. de solvente perdido
3-01-014-04	Almacenamiento de materias primas							100 litros almacenados
3-01-014-99	Otras no clasificadas							Tons. producidas
f) Fabricación de barnices-2851								
3-01-015-01	Adecuación de aceite		0.00	0.00	20.02			Tons. Producidas
3-01-015-02	Oleo resinas		0.00	0.00	75.07			
3-01-015-03	Alquídicas		0.00	0.00	80.08			

Anexo A

3-01-015-05	Acricas		0.00	0.00	10.01		
3-01-015-99	Otras no clasificadas						

Tabla A.1.2.4. Factores de emisión para fabricación de fibras orgánicas

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	HC	
j) Fabricación de fibras orgánicas sintéticas - 2824								
3-01-024-01	Poliámidas (e.i. Nylon)	0.01	0.00	0.00	1.95			Tons. de fibra
3-01-024-02	Poliésteres (e.i. Dacron). Hilado				0.05			
3-01-024-02	Poliésteres (e.i. Dacron). Fibra	15.14			0.55			Tons. de producto
3-01-024-05	Polifloruro de carbono (e.i. Teflón)							
3-01-024-10	Acrílicos (e.i. Orlon). Modacrylic. hilado seco				113.64			Tons. fibra producida
3-01-024-10	Acrílicos (Or.) Hilado húmedo homopolímero				18.82			Tons. de producto
3-01-024-10	A. (Or.) Hilado húmedo inorgánico				2.50			Tons. fibra producida
3-01-024-10	Acrílicos (Orlon). Acrylic. hilado seco				36.36			
3-01-024-10	A. (Or.) Control: adsorción con carbón				29.09			Tons. de producto
3-01-024-14	Poliolefinas (e.i. polipropileno)				33.00			
3-01-024-15	Vinílicos (e.i. saran)							Tons. de producto
3-01-024-16	Aramidas				3.50			
k) Productos de fibra de vidrio con resina - 3080								
3-08-007-03	Consumo de solvente				324.50			Tons. de solvente
3-08-007-04	Consumo de adhesivo				324.50			Tons. de adhesivo

Tabla A.1.2.5. Factores de emisión para fabricación de hule, productos plásticos

l) Hule y productos plásticos misceláneos - grupos principales 30 y 75 manufactura de - 3011 (v)								
SCC	Nombre del proceso	[Kilogramos/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	HC	
3-08-001-01	En cementado cara lat. v área de huella (c.				114.75			100 producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión (c. COV's)				6.65			
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas				9.15			
3-08-001-04	Construcción de llanta (c. COV's)				36.30			
3-08-001-05	En cementado de área de huella				16.60			
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying) (COV's)				150.50			
3-08-001-07	Curado de llanta (c. COV's)							Tons. de solvente
3-08-001-08	Mezclado de solventes				5.40			
3-08-001-09	Almacenamiento de solventes				0.00			100 litros de gasto
3-08-001-10	Almacenamiento de solventes				0.00			
3-08-001-20	En cementado de área de huella v cara lateral				900.89			Tons. de solvente usado
3-08-001-21	En cementado de huella v acabado final				900.89			
3-08-001-22	Vulcanizado final				900.89			
3-08-001-23	Secado final de llanta				920.91			
3-08-001-97	Otros no clasificados							Cada uno
3-08-001-98	Otros no clasificados							litros
3-08-001-99	Otros no clasificados							Tons. de producto

Tabla A.1.2.6. Factores de emisión para fabricación de cal

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	
m) Fabricación de cal - 3274							
3-05-016-01	Triturado primario (c. PART)	0.009		0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza procesada
3-05-016-02	Triturado / cribado secundario (c. PART)	0.31		0.00	0.00	0.00	
3-05-016-03	Calcinación: Horno vertical	4.00		4.10	1.40	0.01	Tons. de cal procesada
3-05-016-04	Calcinación: Horno rotatorio	175.17		3.35	1.40	0.00	
3-05-016-05	Horno de calcinación	48.64			0.07	0.00	
3-05-016-06	Horno de cama fluidizada					0.01	Tons. de piedra caliza procesada
3-05-016-07	Transf. y transporte de materia prima (c. PART)	0.40		0.00	0.00	0.00	
3-05-016-08	Vaciado de materia prima (c. PART)	0.10		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal hidratada
3-05-016-09	Hidratador atmosférico	0.05		0.00	0.00	0.00	
3-05-016-10	Pila de almacenamiento de mat. prima (c. PART)	2.00		0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza
3-05-016-11	Enfriador de producto	20.02		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal procesada
3-05-016-12	Hidratador a presión	0.05		0.00	0.00	0.00	Tons. de cal hidratada
3-05-016-13	Silo de cal			0.00	0.00	0.00	Tons. de piedra caliza producida
3-05-016-14	Empacado / embarque	0.13		0.00	0.00	0.00	
3-05-016-15	Transferencia de producto y transportación			0.00	0.00	0.00	

3-05-016-16	Cribado primario			0.00	0.00	0.00	
3-05-016-17	Múltiple crisol calcinador			4.10	1.40	0.01	Tons. de cal producida

Tabla A.1.2.7. Factores de emisión para manufacturas de tintas de impresión

SCC	Nombre del proceso	Factores de emisión [kg/unidad]						Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	HC	
i)Manufacturas de tintas de impresión-2893								
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	0.00			60.06		Tons. Producidas	
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	0.00			20.02			
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	0.00			75.07			
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alkidalicos	0.00			80.08			
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0.77			2.81		Tons. de pigmento	
3-01-020-99	Otros no clasificados						Tons. producidas	

Tabla A.1.2.8. Factores de emisión para fabricación de varios productos

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	
Preparaciones farmacéuticas-2834							
3-01-060-01	Secadores de vacío				0.21		Cientos de kilogramo de producto
3-01-060-02	Reactores				0.00		
3-01-060-03	Unidades de destilación				5.36		
3-01-060-04	Filtros				0.04		
3-01-060-05	Extractores				0.00		
3-01-060-06	Centrifugas				0.00		
3-01-060-07	Cristalizadores				0.00		
3-01-060-08	Sistemas de escape				0.00		
3-01-060-09	Secadores de aire				0.77		
3-01-060-10	Trasporte / almacenamiento				0.03		
3-01-060-11	Procesos de recubrimiento				100.1		
3-01-060-12	Procesos de granulación				100.1		Tons. de solvente
3-01-060-99	Otros no clasificados						Cientos de kilogramo de
Procesamiento de cacahuates - 2076 2079 2099							
3-02-017-99	Otros no clasificados			0.03			Tons. Procesadas
Procesamiento de aceite vegetal- 2046 2074 2076 2079							
3-02-019-06	General: Aceite de Maíz				9.51		Tons. alimentadas al reactor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón				9.01		
3-02-019-08	General: Aceite de frijol de soya				8.01		
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuete				10.51		
Procesamiento de aceite vegetal - 2046 2074 2076 2079							
3-02-019-16	Extracción de aceite						Tons. alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina				0.80		
3-02-019-18	Refinación de aceite				0.35		
3-02-019-19	Pérdidas fugitivas				0.85		
3-02-019-20	Almacenamiento de solvente				0.08		Tons. de semilla
3-02-019-99	Otros no clasificados						Tons. de aceite refinado
Panaderías - 2051 2052							
3-02-032-01	Cocido de pan: Procesos de esponamiento	0.00	0.00	0.00	6.51	0.0	Tons. de pan horneadas.
3-02-032-02	Cocido de pan: Procesos de amasado	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	Tons. de producto
3-02-032-99	Otros no clasificados						Tons. de producto
Elaboración de pan en aceite - 2099 2017 2051 2092							
3-02-036-01	Cocido en recipientes: General		0.00	0.00	9.26		Tons. Procesadas
Operaciones de triplay / aglomerados - 2435 2436 2493							
3-07-007-01	General: No clasificados						10*6 m ² triplay producido 3/8 in
3-07-007-02	Operaciones de lijado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-07-007-03	Secado aglomerado	0.18	0.00	0.00	0.00	0.0	
3-07-007-04	Secador de porta tabla						10000 kg secos madgada/emparejada
3-07-007-05	Tabla roca: Secador	0.00	0.15	0.50			Tons. de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: Prosecador	0.00	0.15	0.50			
3-07-007-07	Tabla roca: Presurización	0.00	0.00	0.73			
3-07-007-08	Tabla roca: Templado	0.00	0.00	0.00			
3-07-007-09	Tabla roca: Estufa de secado	0.00	0.05	0.00			
3-07-030-01	Ventoe de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.29	0.00	0.00	0.00	0.0	Tons. de desecho de madera
3-07-030-02	Llenado tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.60	0.00	0.00	0.00	0.0	

Anexo A

3-07-030-96	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					1000 metros cuadrados
3-07-030-97	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					Cada uno
3-07-030-98	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					1000 metros de tabla
3-07-030-99	Operaciones específicas: Cepillado / lijado					Tons. procesadas

Tabla A.1.2.9. Factores de emisión para fabricación de varios productos

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	
Fabricación de productos plásticos - 3080							
3-08-007-01	Perforado, extrusión / cortado, etc.		0.00	0.00	6.51		Tons. procesadas
3-08-007-02	Desmoldado		0.00	0.00	0.00		Tons. de producto
3-08-007-03	Consumo de solvente				320.32		Tons. de solvente
3-08-007-04	Consumo de adhesivo				320.32		Tons. de adhesivo
3-08-007-05	Horno de fundición de cera				0.00		Tons. de cera quemada
3-08-009-01	Poliestireno General (moldeo)				24.92		Tons. de resina consumida
Operaciones de electrodeposición 3471							
3-09-010-01	General: Proceso completo						m ² producto plateado
3-09-010-97	Otros no clasificados						Tons. fabricadas
3-09-010-98	Otros no clasificados						Litros
3-09-011-01	Baño de limpieza alcalina		0.00	0.15	0.00		Tons. procesadas
3-09-011-02	Baño de limpieza ácida		0.30	6.51	0.00		
3-09-011-03	Anodizado en marmita		0.00	0.10	0.00		
3-09-011-04	Enjuague / acabado		0.00	4.00	50.05		
Procesos de deposición metálica - 3400, 5000							
3-09-040-01	Metalización: Cable de atomización		0.00	0.00	170.17		Tons. consumo de metal atomizado
3-09-040-10	Atomización térmica de metal pulverizado		0.00	0.00	0.00		
3-09-040-20	Arco atomización plasma de metal pulverizado		0.00	0.00	65.06		Tons. consumo de metal atomizado
3-09-040-30	Estañado: Proceso batch	1.40					Tons. estaño consumido
Fabricación de ladrillo - 3251							
3-05-003-01	Secado de materia prima	20.52	0.00	0.00	0.00		Tons. de materia prima
3-05-003-02	Molido del material en bruto	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-03	Almacenamiento de materia prima	6.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-07	Calcinado				0.01		
3-05-003-08	Cribado	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-09	Mezclado y combinado		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-003-10	Curado y encendido: Quemado de aserrín en horno de túnel	0.10					Tons. producidas
3-05-003-11	Curado y encendido: Quemado de gas en un horno de túnel	0.01	0.00	0.09	0.02	0.03	Tons. de ladrillos producidos
3-05-003-12	C. y E: Quemado de petróleo en un horno de túnel	0.16	2.00	0.55	0.04	0.06	Tons. producidas
3-05-003-13	Curado y encendido: Quemado de Carbón en horno de túnel	0.24	3.66	0.73	0.01	0.72	
3-05-003-14	C. y E: Quemado de periódico de gas en un horno de túnel	0.02	0.00	0.25	0.01	0.08	
3-05-003-15	C. y E: Quemado de periódico de petróleo en un	0.24	2.95	0.81	0.05	0.10	
3-05-003-16	horno de túnel	5.00	6.07	1.18	0.01	1.20	
3-05-003-98	Otros no clasificados						Litros
Cerámica arcillosa mfg. - 3261							
3-05-008-01	Secado	17.87	1.20	0.80	0.00		Tons. alimentadas al

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

3-05-008-02	Cribado	32.33	3.70	1.15	0.00		proceso
3-05-008-99	Otros no clasificados						Tons. producidas
Aglomeración de arcilla & cenizas volátiles - 3295							
3-05-009-01	Aglomeración de ceniza volátil	34.03			0.70		Tons. de producto terminado
3-05-009-02	Arcilla / coke aglomeración	10.21			0.70		
3-05-009-03	Arcilla natural / aglomeración cribado	3.06			0.70		
3-05-009-04	Arcilla en bruto/trituración de lutita / cribado (c, PART)	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de materia prima
3-05-009-05	Arcilla en bruto/transferencia de lutita/transporte (c,PART)	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-06	Arcilla en bruto / pila de almacenamiento de lutita		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-07	Aglomerado arcilla/coke triturado de producto/cribado	6.41	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-009-08	Aglomerado arcilla/lutita triturado de producto/cribado	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-09	Estirado de lutita enfriado de clinker		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-10	Almacenamiento de lutita estirada		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-009-15	Horno rotatorio						Tons. de arcilla procesada
3-05-009-16	Secador	31.33					

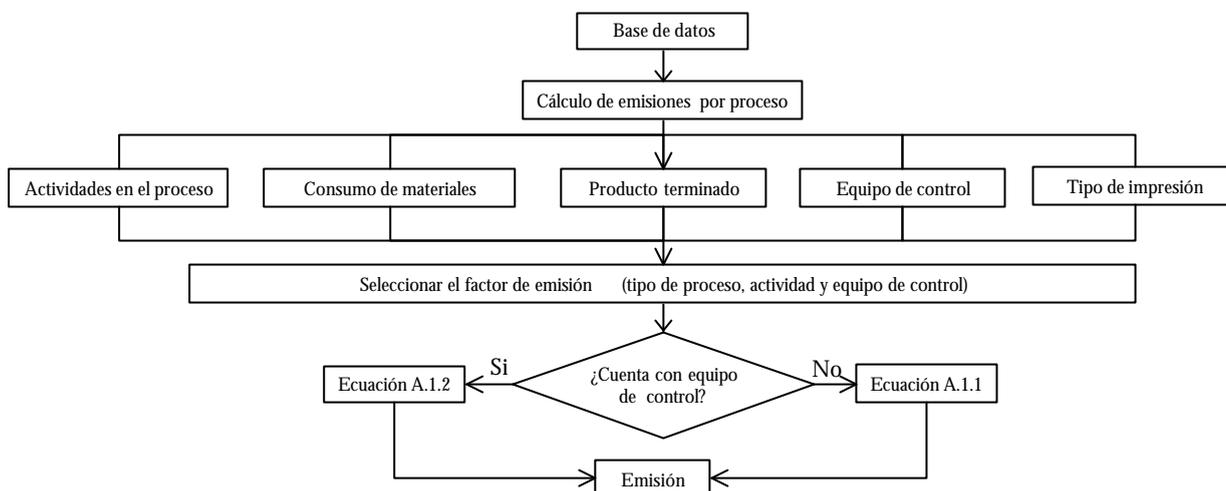
Tabla A.1.2.10. Factores de emisión para fabricación de varios productos

SCC	Nombre de proceso	Factores de emisión [kg/unidad]					Unidades
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV's	CO	
Dosificación de concreto - 3270 1771 3292							
3-05-011-01	General (no fugitivas)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	Metros cúbicos concreto
3-05-011-06	Transferencia: Arena / agregados para elevarlos a la	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-011-07	Vaciado de cemento: Tolva de almacenamiento	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-08	Peso de tolva: llenado de cemento arena /	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-09	Mezclado: llenado de cemento / arena / agregados	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-10	llenado de tránsito mezclado en camiones	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-011-11	llenado de Batch - seco en el camión	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	Metros cúbicos concreto
Piedra de cantera / procesamiento - 1411 1422 1423 1429 1499							
3-05-020-01	Triturado primario	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-02	Triturado secundario/cribado	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-03	Triturado terciario / cribado	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-04	Retriturado / cribado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-05	Molino fino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-06	Operaciones varias: Cribado / transporte / manejo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-07	Almacenamiento abierto	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. producto
3-05-020-08	Corte de piedra: general		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-09	Depotación: general (c. PART)		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. materia prima
3-05-020-10	Taladrado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1000 Metros por vehículo
3-05-020-11	Acarreo						
3-05-020-12	Secado	2.50					Tons. de piedra seca
3-05-020-13	Barra de parrillado		0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. procesadas
3-05-020-14	Cribado por sacudido		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-15	Cribado por vibración		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-16	Cribadoras giratorias		0.00	0.00	0.00	0.00	
3-05-020-20	Barrenación						Metros perforados
Arena / grava - 1442 1446							
3-05-025-02	Almacenamiento de agregados	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-025-05	Formación de pila: Anilador	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	Tons. de producto
3-05-025-08	Secador		0.00	0.80	0.00		Tons. de producto

El cálculo de las emisiones por proceso en la industria, consiste en revisar (ver diagrama A.1.1.2.) la información proporcionada en la cédula de operación anual; el diagrama de proceso (elaboración de un producto) por etapas incluido en la COA permite identificar los puntos de generación de emisión, el consumo de materiales por etapa y el producto terminado. Si cuenta con equipos de

control se determina la siguiente información: ¿El equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante?, ¿Qué contaminante controla y cual es su eficiencia de control?, lo anterior es suficiente para seleccionar los factores de emisión a utilizar.

Diagrama A.1.1.2. Etapas para el cálculo de emisiones por proceso.



A.2. FUENTES MOVILES

Para el cálculo de las emisiones de las fuentes móviles, fue necesario integrar y distribuir el total de vehículos existentes en la ZMVM, tal y como se muestra en la tabla A.2.1.

Tabla A.2.1. Distribución del parque vehicular de la ZMVM

ID	Tipo de vehículo ¹⁻⁵	No. de vehículo		
		Distrito Federal	Estado de México*	ZMVM
AUTG	Autos Particulares ¹	1,546,595	795,136	2,341,731
TAXG	Taxis ²	103,298	6,109	109,407
COMG	Combis ³	3,944	1,555	5,499
MICG	Microbuses ³	22,931	9,098	32,029
PICG	Pick up's ¹	73,248	262,832	336,080
CAMG	Camiones de carga a gasolina ⁴	154,647	-	154,647
V<3D	Vehículos a diesel <3 ton ⁴	4,733	-	4,733

1: Oficio SMA/DGPCC/08942/2000 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación.

2: Bando No. 9 GDF, 2000

3: Oficio DEC-010/2000 SETRAVI 1999.

4: Oficio DRT/0299/2000 SETRAVI-Dirección de Registro Público de Transporte.

5: Programa Integral de Transporte y Vialidad 95-2000, DDF SETRAVI (2000).

5A: Anuario 1998-99 SETRAVI-Dirección General de Autotransporte Urbano.

5B: SMA / DGGAA / J.U.D. De Políticas de Fuentes Móviles

* Para todos los vehículos del Estado de México, se tomó la información proporcionada por la Secretaría de Ecología del Estado de México (Verificación Estado de México-1999 , y DGTT del Estado de México -1998).

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

TRAD	Tractocamiones a diesel ⁵	68,636	2,040	70,676
AUTD	Autobuses a diesel ^{5A}	9,236	3,269	12,505
V>3D	Vehículos a diesel = 3 ton ¹	28,580	62,360	90,940
CGLP	Camiones de carga a gas LP ^{5B}	29,968	-	29,968
MOTG	Motocicletas ⁴	72,280	424	72,704
	Total	2,118,096	1,142,823	3,260,919

Debido a que el parque vehicular que circula en la ZMVM está muy disperso, en un rango de antigüedad de más de 30 años, fue necesario ampliar la clasificación de la tabla A.2.1. para poder conocer la contribución que cada año modelo tiene al total de las emisiones producidas por las fuentes móviles; por ejemplo los autos modelo 1992 representan el 8% (valor más alto) del total de vehículos, los año modelo 1974 y anteriores el 7%, al igual que los modelos: 1991, 1993, 1994, del resto de los años modelo, el que menos contribuye representa cerca del 1%, que equivale a más de 48 mil vehículos. La ampliación a la clasificación de la tabla A.2.1 incluye una distribución en 25 años anteriores a 1998⁵⁻⁶, desde 1974 y anteriores hasta 1998. Solo hay una excepción para las motocicletas, las cuales únicamente se distribuyen en 12 años anteriores a 1998, desde 1987 y anteriores hasta 1998. Ver tablas A.2.2, A.2.3 y A.2.4.

Tabla A.2.2. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en la ZMVM

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	160,655	628	56	317	15,132	8,389	1,192	17,412	395	14,669	156	0	219,001
1975	38,660	143	25	92	2,922	2,116	145	2,131	117	2,365	85	0	48,800
1976	38,345	140	24	91	18,466	2,270	253	3,698	144	3,073	83	0	66,587
1977	31,234	121	25	124	18,198	2,066	217	3,195	92	2,412	28	0	57,712
1978	38,772	146	27	111	4,554	2,854	253	3,708	76	3,269	98	0	53,868
1979	51,721	186	29	145	5,825	3,885	361	5,288	91	4,401	188	0	72,120
1980	68,936	242	47	114	6,998	5,504	361	5,309	365	4,949	256	0	93,083
1981	83,621	283	106	197	9,272	7,584	72	1,267	232	3,846	827	0	107,306
1982	80,043	269	137	191	9,848	7,048	217	3,215	244	4,565	844	0	106,620
1983	47,398	161	63	159	5,074	2,856	253	3,691	78	2,816	281	0	62,830
1984	56,225	190	102	164	49,586	3,591	470	6,840	226	4,165	457	0	122,016
1985	67,848	508	177	248	6,692	6,572	650	9,469	690	6,280	1,286	0	100,420
1986	66,479	845	238	356	5,946	5,054	253	3,750	181	3,383	691	0	87,176
1987	46,002	1,001	238	435	34,082	4,082	0	26	47	1,038	701	15,483	103,134
1988	64,071	1,524	185	621	20,949	4,348	0	37	117	1,647	399	2,701	96,599
1989	97,224	2,944	384	2,357	8,423	7,046	36	596	273	2,862	867	3,555	126,567
1990	129,321	9,367	552	5,567	9,112	10,164	0	188	1,833	3,167	2,221	3,760	175,252

6: Referencias para la distribución por año-modelo de la flota vehicular en la ZMVM en 1998:

Particulares y Pick Up's: Oficio SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM. desglosado por año modelo y servicio; Autobuses: Oficio 5 SMA/DGPCC/08942/200 (padrón vehicular de la ZMVM desglosado por año modelo y servicio; carga gasolina: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Carga diesel: Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte; Micros: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Combis: Oficio DEC-010/2000 Dirección de Evaluación y Control SETRAVI; Taxis: Verificación 2do. Semestre 1999, archivo magnético; Motocicletas: : Oficio DRPT/0299/2000 Dirección de Registro Público de Transporte.

Nota: Para la flota vehicular del Estado de México, se utilizaron las distribuciones por tipo de vehículo proporcionadas por la Secretaría de Ecología del Estado de México (Verificación Estado de México 1999).

Nota: Para la flota de Camiones a gas LP, se utilizó información magnética proporcionada por la J.U.D. De Políticas de Fuentes Móviles de la DGGAA / SMA.

Anexo A

1991	157,754	17,092	740	9,676	11,598	12,597	0	225	2,610	4,483	2,440	4,615	223,830
1992	182,907	25,044	1,218	8,731	11,169	14,133	0	174	487	4,609	3,334	7,777	259,583
1993	175,213	26,149	598	1,234	11,162	13,208	0	134	517	4,076	2,409	8,121	242,822
1994	167,751	12,054	248	349	9,527	8,683	0	105	2,492	2,773	3,103	8,913	215,998
1995	100,917	4,114	151	208	6,014	5,322	0	65	352	1,822	2,480	3,672	125,116
1996	68,691	1,281	37	137	4,924	2,263	0	29	214	977	1,814	2,788	83,154
1997	123,661	2,245	31	142	38,582	5,862	0	47	337	1,494	1,980	4,733	179,114
1998	198,284	2,730	63	264	12,023	7,151	0	78	294	1,799	2,939	6,587	232,211

Tabla A.2.3. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en el Distrito Federal

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	78,916	-	2	1	3,642	8,389	1,192	17,290	297	7200	156	-	117,084
1975	20,063	-	9	-	743	2,116	145	2,096	74	873	85	-	26,204
1976	20,081	-	9	-	983	2,270	253	3,668	117	1527	83	-	28,990
1977	15,479	-	4	-	970	2,066	217	3,144	21	1309	28	-	23,237
1978	19,807	-	8	-	1,477	2,854	253	3,668	32	1527	98	-	29,724
1979	27,571	-	4	-	1,896	3,885	361	5,239	32	2182	188	-	41,359
1980	37,375	-	28	1	2,277	5,504	361	5,239	233	2182	256	-	53,457
1981	46,837	-	72	1	3,102	7,584	72	1,048	148	436	827	-	60,127
1982	44,987	-	105	3	3,480	7,048	217	3,144	117	1309	844	-	61,253
1983	26,499	-	36	1	1,690	2,856	253	3,668	42	1527	281	-	36,854
1984	31,542	-	74	-	1,724	3,591	470	6,811	170	2836	457	-	47,675
1985	39,285	288	136	10	2,517	6,572	650	9,431	647	3927	1,286	-	64,749
1986	36,751	616	180	15	2,016	5,054	253	3,668	95	1527	691	-	50,867
1987	27,137	856	174	63	1,425	4,082	0	0	11	0	701	15,184	49,632
1988	39,153	1,332	129	295	2,222	4,348	0	0	64	0	399	2,690	50,633
1989	62,587	2,678	267	1,673	3,120	7,046	36	524	148	218	867	3,542	82,707
1990	88,496	9,053	386	4,598	3,631	10,164	0	0	1601	0	2,221	3,752	123,903
1991	112,657	16,745	466	8,074	4,721	12,597	0	0	2047	0	2,440	4,603	164,349
1992	133,379	24,664	980	7,342	4,273	14,133	0	0	265	0	3,334	7,754	196,124
1993	133,613	25,830	512	731	5,097	13,208	0	0	233	0	2,409	8,118	189,751
1994	128,812	11,755	199	64	4,889	8,683	0	0	2121	0	3,103	8,897	168,522
1995	77,163	3,932	119	23	3,097	5,322	0	0	244	0	2,480	3,672	96,051
1996	51,697	1,151	15	6	2,709	2,263	0	0	106	0	1,814	2,772	62,532
1997	96,175	2,034	9	11	4,888	5,862	0	0	223	0	1,980	4,715	115,897
1998	150,533	2,363	21	19	6,659	7,151	0	0	148	0	2,939	6,582	176,416

Tabla A.2.4. Distribución de la flota vehicular por año/modelo en el Estado de México

Año/modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	TOTAL
1974 y ant.	81,739	628	54	316	11,490	-	-	122	99	7,469	-	-	101,917
1975	18,597	143	16	92	2,179	-	-	35	43	1,493	-	-	22,596
1976	18,264	140	15	91	17,483	-	-	30	28	1,546	-	-	37,597
1977	15,755	121	21	124	17,228	-	-	52	71	1,103	-	-	34,475
1978	18,965	146	19	111	3,077	-	-	41	44	1,741	-	-	24,144
1979	24,150	186	25	145	3,929	-	-	48	59	2,219	-	-	30,761
1980	31,561	242	19	113	4,721	-	-	69	132	2,767	-	-	39,626
1981	36,784	283	34	196	6,170	-	-	219	84	3,409	-	-	47,178
1982	35,056	269	32	188	6,368	-	-	71	127	3,256	-	-	45,367
1983	20,899	161	27	158	3,384	-	-	23	36	1,289	-	-	25,977
1984	24,683	190	28	164	47,862	-	-	28	57	1,329	-	-	74,341
1985	28,563	219	41	238	4,175	-	-	38	43	2,353	-	-	35,671
1986	29,728	228	58	341	3,930	-	-	83	85	1,856	-	-	36,310
1987	18,865	145	64	372	32,657	-	-	26	36	1,038	-	299	53,502
1988	24,918	191	56	326	18,727	-	-	37	53	1,647	-	11	45,966
1989	34,637	266	117	684	5,303	-	-	72	124	2,644	-	13	43,860
1990	40,825	314	166	969	5,481	-	-	188	231	3,167	-	8	51,349
1991	45,097	346	274	1,602	6,877	-	-	225	564	4,483	-	13	59,481
1992	49,528	381	238	1,389	6,896	-	-	174	222	4,609	-	23	63,460
1993	41,600	320	86	503	6,065	-	-	134	284	4,076	-	3	53,071
1994	38,939	299	49	285	4,638	-	-	105	372	2,773	-	16	47,476
1995	23,754	182	32	185	2,917	-	-	65	108	1,822	-	-	29,065
1996	16,994	131	22	131	2,215	-	-	29	108	977	-	16	20,622

1997	27,486	211	22	131	33,694	-	-	47	114	1,494	-	18	63,217
1998	47,751	367	42	245	5,364	-	-	78	145	1,799	-	5	55,795

Otra información básica para el cálculo de las emisiones, es el nivel de actividad de los vehículos (kilómetros recorridos promedio), desagregado al mismo nivel de la clasificación vehicular presente en las tablas A.2.2, A.2.3 y A.2.4 para este fin se tomaron como base los datos que presenta la tabla A.2.5.

Tabla A.2.5. Kilómetros recorridos por tipo de vehículo

Clasificación vehicular	[km/día]
Autos particulares	33
Taxis	200
Combis	200
Microbuses	200
Pick up's	60
Camiones de carga a gasolina	60
Vehículos a diesel <3 ton	60
Tractocamiones a diesel	60
Autobuses a diesel	200
Vehículos a diesel = 3 ton	60
Camiones de carga a gas LP	60
Motocicletas	33

Fuente: Estudio No. 5 , Definición de Políticas de Modernización , Inspección, Sustitución, Eliminación Definitiva, Adaptación de Vehículos y Combustibles Alternos, COMETRAVI 1997.

Con los datos del recorrido diario (tabla A.2.5), los días que circularon los vehículos en 1998 (313 días) y el número de vehículos de acuerdo a la distribución por año modelo para el Distrito Federal y el Estado de México, tablas A.2.3 y A.2.4 respectivamente, se obtuvieron los kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año modelo en 1998 (KRV), por ejemplo para obtener los KRV de los autos particulares del año modelo 1974 y anteriores del Distrito federal y del Estado de México a partir de la ecuación 1 tenemos lo siguiente:

$$KRV_{ij} = (KD_i) (NV_{ij}) (DA) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

KRV_{ij} Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km año]

:

KD_i : Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i [km/día]

NV_{ij} : Número de vehículos del tipo i del año modelo j

DA_i : Días al año que circulan los vehículos [días / año]

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KD_i [km/día]	33	valor de la celda sombreada de la	33	valor de la celda sombreada de la

Anexo A

		tabla A.2.5		tabla A.2.5
NV _{ij} [#]	78,916	valor de la celda sombreada de la tabla A.2.3	81,739	valor de la celda sombreada de la tabla A.2.4
DA _i [días/año]	313		313	

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 1 tenemos:

$KRV_{AUTG\ 1974\ y\ ant.} = (33) (78,916) (313) = 815,123,364\ km / año$ Distrito Federal

$KRV_{AUTG\ 1974\ y\ ant.} = (33) (81,739) (313) = 844,282,131\ km / año$ Estado de México

Los resultados de este ejemplo corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.6 para el Distrito Federal y A.2.7 para el Estado de México. De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en las tablas A.2.6 y A.2.7.

Tabla. A.2.6. Nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo para el Distrito Federal

Año/Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año [KRV]												TOTAL
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	
1974 y ant.	815	-	0	0	68	158	22	325	19	135	3	-	1,545
1975	207	-	1	-	14	40	3	39	5	16	2	-	326
1976	207	-	1	-	18	43	5	69	7	29	2	-	380
1977	160	-	0	-	18	39	4	59	1	25	1	-	307
1978	205	-	1	-	28	54	5	69	2	29	2	-	393
1979	285	-	0	-	36	73	7	98	2	41	4	-	545
1980	386	-	2	0	43	103	7	98	15	41	5	-	700
1981	484	-	5	0	58	142	1	20	9	8	16	-	743
1982	465	-	7	0	65	132	4	59	7	25	16	-	780
1983	274	-	2	0	32	54	5	69	3	29	5	-	472
1984	326	-	5	-	32	67	9	128	11	53	9	-	639
1985	406	18	9	1	47	123	12	177	40	74	24	-	931
1986	380	39	11	1	38	95	5	69	6	29	13	-	684
1987	280	54	11	4	27	77	-	-	1	-	13	157	623
1988	404	83	8	18	42	82	-	-	4	-	8	28	677
1989	646	168	17	105	59	132	1	10	9	4	16	37	1,203
1990	914	567	24	288	68	191	-	-	100	-	42	39	2,233
1991	1,164	1,048	29	505	89	237	-	-	128	-	46	48	3,293
1992	1,378	1,544	61	460	80	265	-	-	17	-	63	80	3,948
1993	1,380	1,617	32	46	96	248	-	-	15	-	45	84	3,562
1994	1,330	736	12	4	92	163	-	-	133	-	58	92	2,621
1995	797	246	7	1	58	100	-	-	15	-	47	38	1,310
1996	534	72	1	0	51	42	-	-	7	-	34	29	770
1997	993	127	1	1	92	110	-	-	14	-	37	49	1,424
1998	1,555	148	1	1	125	134	-	-	9	-	55	68	2,097
Total	15,975	6,466	247	1,435	1,376	2,904	89	1,289	578	537	563	747	32,206

Tabla. A.2.7. Nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo para el Estado de México

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año [KRV]												Total
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG	
1974 y ant.	844	9	3	20	216	-	-	2	6	140	-	-	1,271
1975	192	9	1	6	41	-	-	1	3	28	-	-	280
1976	189	9	1	6	328	-	-	1	2	29	-	-	564
1977	163	8	1	8	324	-	-	1	4	21	-	-	529

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

1978	196	9	1	7	58	-	-	1	3	33	-	-	307
1979	249	12	2	9	74	-	-	1	4	42	-	-	392
1980	326	15	1	7	89	-	-	1	8	52	-	-	500
1981	380	18	2	12	116	-	-	4	5	64	-	-	601
1982	362	17	2	12	120	-	-	1	8	61	-	-	583
1983	216	10	2	10	64	-	-	0	2	24	-	-	328
1984	255	12	2	10	899	-	-	1	4	25	-	-	1,207
1985	295	14	3	15	78	-	-	1	3	44	-	-	452
1986	307	14	4	21	74	-	-	2	5	35	-	-	462
1987	195	9	4	23	613	-	-	0	2	19	-	3	870
1988	257	12	3	20	352	-	-	1	3	31	-	0	680
1989	358	17	7	43	100	-	-	1	8	50	-	0	583
1990	422	20	10	61	103	-	-	4	14	59	-	0	693
1991	466	22	17	100	129	-	-	4	35	84	-	0	858
1992	512	24	15	87	130	-	-	3	14	87	-	0	871
1993	430	20	5	31	114	-	-	3	18	77	-	0	697
1994	402	19	3	18	87	-	-	2	23	52	-	0	606
1995	245	11	2	12	55	-	-	1	7	34	-	-	367
1996	176	8	1	8	42	-	-	1	7	18	-	0	261
1997	284	13	1	8	633	-	-	1	7	28	-	0	976
1998	493	23	3	15	101	-	-	1	9	34	-	0	679
Total	8,213	382	97	570	4,936	-	-	38	205	1,171	-	4	15,617

Factores de emisión de HC, CO y NO_x

Las emisiones de hidrocarburos totales (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x), se obtuvieron a partir de tres fuentes:

- ?? Para los vehículos a diesel y motocicletas se utilizaron los factores de emisión del modelo computacional Mobile5a.3 MCMA, desarrollado por la USEPA y modificado para la ZMVM por Radian Internacional.
- ?? Para los vehículos a gasolina se utilizaron los factores de emisión medidos por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).
- ?? Para los vehículos a gas licuado del petróleo (GLP), se usaron los factores de emisión reportados en el Greenhouse Gas Inventory Reference Manual Vol. 3, desarrollado por el Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC).

Como ya se mencionó, para el caso de los vehículos a diesel y las motocicletas, se utilizó el modelo Mobile5a.3 con dicho modelo se calcularon los factores de emisión para cada tipo de vehículo y año modelo para los contaminantes antes mencionados. La información proporcionada al modelo se muestra en la tabla A.2.8.

Tabla A.2.8. Información proporcionada al Mobile5a.3

Parámetro	Datos Proporcionados
Región	Ciudad a una altitud igual o mayor a 5,550 ft (1,677mts.)
Año calendario a evaluar	Enero 1°. 1999
Velocidad promedio	36 km/hr
Temperatura ambiente	17.0 °C
RVP de gasolina	7.1 psi
Temperatura máxima	27.0°C
Temperatura mínima	11.0°C

El modelo Mobile 5 MCMA tiene 3 bases de datos que contienen información que es representativa del parque vehicular de la ZMVM, dichas bases contienen los siguientes datos:

- ?? Número total de vehículos por tipo, de acuerdo a la clasificación del modelo
- ?? Kilometraje anual promedio recorrido por tipo de vehículo y año modelo
- ?? Porcentaje de vehículos existentes por tipo de vehículo y año modelo

De éstas, la base REGMC.INP se modificó para el cálculo de los factores, quedando como se muestra en la figura A.2.1.

Figura A.2.1. Archivo REGMC.INP

```
1 Vcount : LDGV LDGT1 LDGT2 HDGV LDDV LDDT HDDT MC for Mexico City (ELD 1993, DGGAA 1998)
2451,341,216,0,2451,341,174,72
```

En la figura A.2.1 se observa que el archivo REGMC.INP se compone de dos filas, la primera tiene los ocho tipos de vehículos que considera el modelo Mobile 5 MCMA y la segunda el total de vehículos de cada categoría, en este archivo se deben alimentar las cifras en forma de entero y dividido entre 1,000, como se indica en el manual del Mobile 5- México, Documentation and User´s Guide.

El archivo de entrada que se utilizó en el modelo Mobile5a.3 se muestra en la figura A.2.2.

Figura A.2.2. Archivo de entrada al Mobile5a.3: " inv98.run "

1	PROMPT -
	MOBILE5a.3-MCMA: FACTORES DE EMISION INVENTARIO DE EMISIONES 1998
1	TAMFLG - PORCENTAJES DE MODIFICACION POR DEFAULT.
1	SPDFLG - UNA VELOCIDAD PROMEDIO PARA TODOS LOS TIPOS DE VEHICULOS
1	VMFLAG - USO DE KRV QUE PROPORCIONA EL MOBILE5a.3
4	MYMRFG - DATOS MODIFICADOS PARA LA Z. M. V. M.
5	NEWFLG - SE UTILIZAN LAS BERIS INCLUIDAS EN EL MOBILE5a.3
1	IMFLAG - NO SE APLICA NINGUN TIPO DE PIM
1	ALHFLG - NO SE APLICAN FACTORES DE CORRECCION
1	ATPFLG - SE APLICAN LOS PROGRAMAS DE ANTIMODIFICACION CONTENIDOS EN EL MODELO
1	RFLAG - SE APLICAN LAS TASAS DE EMISION POR RECARGA DE GASOLINA POR DEFAULT
1	LOCFLG - SE DA SOLAMENTE UN REGISTRO LAP PARA EL ESCENARIO
2	TEMFLG - EL MODELO UTILIZA LA TEMPERATURA AMBIENTE PROPORCIONADA POR EL USUARIO
5	OUTFMT - IMPRIME UN FORMATO CON FACTORES DE EMISION POR TIPO DE VEHICULO Y AÑO MODELO
4	PRTFLG - IMPRIME LOS FACTORES DE EMISION PARA HC, CO Y NOx
1	IDLFLG - OPCION INHABILITADA EN EL MODELO MOBILE5a.3
1	NMHFLG - IMPRIME LOS HC COMO THC
1	HCFLAG - NO SE IMPRIMEN LOS HC DESGLOSADOS
	.13118 .12408 .11737 .11103 .10503 .09935 .09398 .08889 .08409 .07954 LDGV miles
	.07524 .07117 .06733 .06369 .06024 .05698 .05390 .05099 .04823 .04562
	.04600 .04600 .04600 .04600 .04600
	.15640 .14590 .13610 .12696 .11843 .11048 .10306 .09614 .08968 .08366 LDGT1 miles
	.07804 .07280 .06791 .06335 .05909 .05512 .05142 .04797 .04475 .04174
	.04200 .04200 .04200 .04200 .04200
	.17608 .16217 .14937 .13758 .12671 .11671 .10749 .09901 .09119 .08399 LDGT 2 miles
	.07736 .07125 .06562 .06044 .05567 .05127 .04723 .04350 .04006 .03690
	.03700 .03700 .03700 .03700 .03700
	.18211 .16767 .15437 .14213 .13086 .12048 .11093 .10213 .09403 .08657 HDGV miles
	.07971 .07339 .06757 .06221 .05728 .05273 .04855 .04470 .04116 .03789
	.03800 .03800 .03800 .03800 .03800
	.17825 .16478 .15233 .14081 .13017 .12033 .11124 .10283 .09506 .08788 LDDV miles
	.08123 .07509 .06942 .06417 .05932 .05484 .05069 .04686 .04332 .04005
	.04000 .04000 .04000 .04000 .04000
	.20140 .17572 .15432 .13639 .12133 .10863 .09788 .08877 .08103 .07444 LDDT miles
	.06883 .06405 .05999 .05655 .05365 .05123 .04924 .04763 .04637 .04543
	.04500 .04500 .04500 .04500 .04500
	.17608 .16217 .14937 .13758 .12671 .11671 .10749 .09901 .09119 .08399 HDDV miles
	.07736 .07125 .06562 .06044 .05567 .05127 .04723 .04350 .04006 .03690
	.03700 .03700 .03700 .03700 .03700
	.04786 .04475 .04164 .03853 .03543 .03232 .02921 .02611 .02300 .01989 MC miles
	.01678 .01368 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000
	.00000 .00000 .00000 .00000 .00000
	.046 .046 .039 .057 .092 .094 .089 .075 .060 .043 LDGV
	.027 .019 .026 .028 .022 .018 .030 .031 .025 .015
	.018 .007 .011 .022 .060
	.004 .004 .038 .044 .077 .082 .071 .076 .061 .054 LDGT1
	.036 .024 .033 .040 .026 .026 .056 .050 .036 .018
	.021 .008 .014 .028 .073
	.019 .019 .008 .016 .034 .054 .220 .268 .148 .069 LDGT2
	.019 .013 .014 .014 .009 .007 .012 .012 .009 .009
	.009 .004 .007 .007
	.011 .011 .010 .011 .010 .007 .007 .000 .055 .010 HDGV

Para el cálculo de las emisiones de los vehículos a diesel y motocicletas, con los factores de emisión del Mobile5a.3, se distribuyó dicha flota conforme a la clasificación que utiliza el modelo. De acuerdo a esta clasificación los vehículos a diesel y motocicletas que circulan en la ZMVM quedaron distribuidos como se muestra en la tabla A.2.9.

Tabla A.2.9. Distribución de vehículos de acuerdo a la clasificación del Mobile5a.3

Clasificación Mobile5a.3 MCMA	Vehículos en Operación en la ZMVM
-------------------------------	-----------------------------------

Anexo A

Camionetas ligeras a diesel (LDDT por sus siglas en inglés)	Vehículo a diesel < a 3 ton.
Vehículos pesados a diesel (HDDV por sus siglas en inglés)	Tractocamiones, autobuses y vehículo a diesel > a 3 ton.
Motocicletas (MC)	Motocicletas

Para realizar el cálculo de emisiones para los vehículos a gasolina (exceptuando motocicletas) se tomaron los factores de emisión reportados por el IMP⁸, los cuales están divididos por tipo de tecnología (por año modelo) y de acuerdo a los siguientes tipos de vehículos:

- ?? Vehículos particulares (autos particulares)
- ?? Taxis, Combis, Microbuses
- ?? Pick up´s
- ?? Camiones (camiones de carga a gasolina)

De la clasificación anterior tenemos que para homologar con la clasificación vehicular propuesta en estas memorias de cálculo, tenemos que los vehículos particulares corresponden a los autos particulares y los camiones a los camiones de carga a gasolina. La distribución de los factores de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por tipo de vehículo y por año se presentan en las tablas A.2.10, A.2.11 y A.2.12 respectivamente, las cuales muestran los resultados de la aplicación del modelo Mobile5a.3 para motocicletas y vehículos a diesel, los factores de emisión del IMP y los factores de emisión del IPCC.

Tabla A.2.10. Factores de emisión para HC por tipo de vehículo

Año	Factor de emisión para HC [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.988	5.797	5.797	5.797	3.680	---
1975	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.988	5.797	5.797	5.797	3.680	---
1976	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.975	5.768	5.768	5.768	3.680	---
1977	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.949	5.811	5.811	5.811	3.680	---
1978	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.908	5.818	5.818	5.818	3.680	---
1979	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.895	5.716	5.716	5.716	3.680	---
1980	6.255	6.255	5.651	9.856	4.442	7.448	1.872	5.732	5.732	5.732	3.680	---
1981	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.870	5.709	5.709	5.709	0.280	---
1982	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.846	5.699	5.699	5.699	0.280	---
1983	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.819	5.680	5.680	5.680	0.280	---
1984	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.800	5.679	5.679	5.679	0.280	---
1985	5.684	5.684	5.651	9.856	4.442	7.448	1.782	5.627	5.627	5.627	0.280	---
1986	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.750	5.628	5.628	5.628	0.280	---
1987	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.721	5.608	5.608	5.608	0.280	9.669
1988	4.545	4.545	5.651	9.856	4.442	7.448	1.676	5.578	5.578	5.578	0.280	9.669
1989	3.590	3.590	5.651	9.856	4.442	7.448	1.661	5.574	5.574	5.574	0.280	9.535
1990	3.590	3.590	5.651	9.856	4.442	7.448	1.623	5.557	5.557	5.557	0.280	9.250
1991	2.456	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	1.588	5.523	5.523	5.523	0.280	9.115
1992	2.456	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	1.551	5.479	5.479	5.479	0.280	8.967
1993	1.047	1.841	5.651	9.856	4.442	7.448	0.749	4.150	4.150	4.150	0.280	4.054
1994	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.725	3.690	3.690	3.690	0.280	3.296
1995	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.448	3.494	3.494	3.494	0.280	3.059
1996	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.414	2.994	2.994	2.994	0.280	2.345

⁸ Estos factores de emisión son preliminares y experimentales.

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

1997	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.378	2.998	2.998	2.998	0.280	2.135
1998	1.047	1.841	5.651	9.856	1.867	2.087	0.337	2.990	2.990	2.990	0.280	1.910

Tabla A.2.11. Factores de emisión para CO por tipo de vehículo

Año	Factor de emisión para CO [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.926	12.767	12.767	12.767	8.000	---
1975	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.926	12.767	12.767	12.767	8.000	---
1976	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.897	12.679	12.679	12.679	8.000	---
1977	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.897	12.753	12.753	12.753	8.000	---
1978	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.831	12.695	12.695	12.695	8.000	---
1979	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.815	12.597	12.597	12.597	8.000	---
1980	76.40	76.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.789	12.551	12.551	12.551	8.000	---
1981	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.786	12.551	12.551	12.551	0.300	---
1982	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.755	12.510	12.510	12.510	0.300	---
1983	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.717	12.460	12.460	12.460	0.300	---
1984	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.688	12.430	12.430	12.430	0.300	---
1985	55.60	55.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.673	12.357	12.357	12.357	0.300	---
1986	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.632	12.316	12.316	12.316	0.300	---
1987	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.598	12.251	12.251	12.251	0.300	37.147
1988	39.60	39.600	59.40	108.10	48.20	80.90	2.576	12.251	12.251	12.251	0.300	37.147
1989	31.40	31.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.516	12.183	12.183	12.183	0.300	36.822
1990	31.40	31.400	59.40	108.10	48.20	80.90	2.489	12.111	12.111	12.111	0.300	36.386
1991	23.70	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.438	12.083	12.083	12.083	0.300	35.902
1992	23.70	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.391	12.022	12.022	12.022	0.300	35.322
1993	7.300	15.200	59.40	108.10	48.20	80.90	2.336	11.941	11.941	11.941	0.300	25.000
1994	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	2.277	11.202	11.202	11.202	0.300	24.225
1995	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.395	10.654	10.654	10.654	0.300	23.626
1996	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.368	10.230	10.230	10.230	0.300	22.970
1997	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.333	10.127	10.127	10.127	0.300	22.271
1998	7.300	15.200	59.40	108.10	11.70	48.00	1.294	10.060	10.060	10.060	0.300	21.528

Tabla A.2.12. Factores de emisión para NO_x por tipo de vehículo

Año	Factor de emisión para NO _x [g/km]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.776	17.360	17.360	17.360	2.10	---
1975	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.776	17.360	17.360	17.360	2.10	---
1976	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.764	17.354	17.354	17.354	2.10	---
1977	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.738	17.323	17.323	17.323	2.10	---
1978	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.723	17.303	17.303	17.303	2.10	---
1979	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.700	17.103	17.103	17.103	2.10	---
1980	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.673	17.091	17.091	17.091	2.10	---
1981	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.676	17.076	17.076	17.076	0.50	---
1982	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.656	17.038	17.038	17.038	0.50	---
1983	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.644	17.037	17.037	17.037	0.50	---
1984	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.632	16.950	16.950	16.950	0.50	---
1985	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.599	16.843	16.843	16.843	0.50	---
1986	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.582	16.788	16.788	16.788	0.50	---
1987	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.562	16.716	16.716	16.716	0.50	0.179
1988	2.10	2.100	2.70	4.75	3.370	5.750	1.554	16.623	16.623	16.623	0.50	0.179
1989	2.40	2.400	2.70	4.75	3.370	5.750	1.510	16.573	16.573	16.573	0.50	0.170
1990	2.40	2.400	2.70	4.75	3.370	5.750	1.484	16.516	16.516	16.516	0.50	0.175
1991	2.40	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.463	16.425	16.425	16.425	0.50	0.166
1992	2.40	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.424	16.309	16.309	16.309	0.50	0.163
1993	1.50	1.480	2.70	4.75	3.370	5.750	1.031	12.795	12.795	12.795	0.50	0.409
1994	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	1.005	11.364	11.364	11.364	0.50	0.408

Anexo A

1995	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.986	10.760	10.760	10.760	0.50	0.407
1996	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.962	10.462	10.462	10.462	0.50	0.407
1997	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.934	10.446	10.446	10.446	0.50	0.409
1998	1.50	1.480	2.70	4.75	1.640	3.200	0.901	10.438	10.438	10.438	0.50	0.409

En las tablas A.2.10, A.2.11 y A.2.12 se tiene un mismo valor para todos los años modelo en combis y microbuses, esto es debido a que las pruebas realizadas por el IMP para estos vehículos fue con años modelo 1991 a 1998, con los cuales se obtuvo un solo factor de emisión representativo de este rango de vehículos, por cada categoría (combis y microbuses) y para cada contaminante (HC, CO y NO_x). Y también tenemos que para estas categorías el número de combis y microbuses de este rango de años modelo representan el mayor porcentaje del total, por ejemplo:

?? Las combis modelo 1990 a 1996 representan el 64% del total de combis que circulan en la ZMVM.

?? Los microbuses modelo 1990 a 1995 representan más del 80% del total de microbuses que circulan en la ZMVM.

En el caso de los taxis las mediciones realizadas en el IMP fueron para años modelo 1991 a 1998 y para los cálculos del presente inventario se utilizaron los valores obtenidos para dichos años modelo y para el resto se utilizaron los factores de emisión correspondientes a los años modelo de los autos particulares por no contar con mediciones de taxis para los años modelo 1990 y anteriores.

A demás cabe mencionar que las combis y microbuses se caracterizan por ser vehículos a los que se les cambia continuamente el motor por uno nuevo o reconstruido, debido a los altos recorridos diarios que reportan y consecuentemente el rápido desgaste del mismo, por lo tanto, aunque se tengan años modelo anteriores a 1991, se asume que sus emisiones serán muy similares a las del grupo tecnológico utilizado para las pruebas.

Cálculo de las emisiones de HC, CO y NO_x

Con los datos del nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo, tablas A.2.6, A.2.7 para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión, tablas A.2.10 para HC, tabla A.2.11 para CO y tabla A.2.12 para NO_x se obtuvieron las emisiones de cada contaminante, para cada año modelo y tipo de vehículo en el Distrito Federal y el Estado de México para 1998. Las emisiones reportadas de la ZMVM son la suma del Distrito Federal y el Estado de México.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de HC para autos particulares del año modelo 1974 y anteriores para el Distrito Federal y el Estado de México a partir de la ecuación 2.

$$E_{ijk} = (KR_{vij}) (FE_{ijk}) / (1,000,000)$$

Ecuación 2

Donde

- Eijk: Emisión del tipo de vehículo i del año modelo j del contaminante k [ton/año]
 KRVij: Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km/año]
 Feijk: Factor de emisión del tipo de vehículo i del año modelo j del contaminante k [g/Km]
 1,000,000 Factor de conversión de gramos a toneladas
 :

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KRV _{ij} [km/año]	815,123,364	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.6	844,282,131	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.7
FE _{ijk} [g/km]	6.255	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.10	6.255	corresponde al valor sombreado de la tabla A.2.10

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 2, tenemos:

Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = (815,123,364) (6.255)/1,000,000 = 5,099 \text{ ton/año}$$

Estado de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = (844,282,131) (6.255)/1,000,000 = 5,281 \text{ ton/año}$$

De esta forma tenemos la emisión de hidrocarburos totales de los autos particulares modelo 1974 y anteriores en la ZMVM.

Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG } 1974 \text{ y ant. HC}} = 5,099 + 5,281 = 10,380 \text{ ton/año}$$

Los resultados de este ejemplo corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.13 para la Zona Metropolitana del Valle de México.

De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en las tablas A.2.13, A.2.14 y A.2.15.

Tabla A.2.13. Inventario de emisiones de HC por tipo de vehículo en la ZMVM

Anexo A

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	10,380	246	20	196	1262	1,173	45	1903	144	1603	11	0
1975	2,498	56	9	57	244	296	5	233	42	258	6	0
1976	2,477	55	9	56	1540	317	9	403	52	335	6	0
1977	2,018	47	9	77	1518	289	8	348	33	263	2	0
1978	2,505	57	10	69	380	399	9	402	27	354	7	0
1979	3,342	73	10	89	486	543	13	569	33	474	13	0
1980	4,454	95	17	71	584	770	13	570	131	531	18	0
1981	4,909	101	37	122	774	1,061	3	136	83	412	4	0
1982	4,699	96	48	118	822	986	8	344	87	489	4	0
1983	2,783	57	22	98	423	400	9	394	28	300	1	0
1984	3,301	67	36	101	4137	502	16	729	81	444	2	0
1985	3,983	181	62	153	558	919	22	1001	243	664	7	0
1986	3,121	240	84	220	496	707	8	396	64	357	4	0
1987	2,160	285	84	269	2843	571	0	3	16	109	4	1546
1988	3,008	434	65	383	1748	608	0	4	41	173	2	270
1989	3,605	662	136	1454	703	986	1	62	95	300	5	350
1990	4,795	2105	195	3435	760	1,422	0	20	638	331	12	359
1991	4,002	1970	262	5970	968	1,762	0	23	902	465	13	435
1992	4,640	2886	431	5387	932	1,977	0	18	167	474	18	720
1993	1,895	3014	212	761	931	1,847	0	10	134	318	13	340
1994	1,814	1389	88	216	334	340	0	7	576	192	16	303
1995	1,091	474	53	128	211	209	0	4	77	120	13	116
1996	743	148	13	84	173	89	0	2	40	55	10	68
1997	1,337	259	11	88	1353	230	0	3	63	84	10	104
1998	2,144	315	22	163	422	280	0	4	55	101	15	130
Total	81,705	15,310	1,945	19,761	24,599	18,683	168	7,587	3,853	9,205	215	4,742

Tabla A.2.14. Inventario de emisiones de CO por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	126,779	3,003	208	2,145	13,697	12,745	66	4,175	316	3,517	23	0
1975	30,508	683	92	623	2,645	3,215	8	511	93	567	13	0
1976	30,260	671	91	613	16,715	3,449	14	886	115	736	12	0
1977	24,647	579	94	840	16,473	3,139	12	762	73	575	4	0
1978	30,596	697	100	753	4,122	4,337	13	883	60	778	15	0
1979	40,815	887	107	980	5,273	5,903	19	1,251	72	1,041	28	0
1980	54,400	1,160	176	774	6,335	8,362	19	1,251	287	1,166	39	0
1981	48,023	984	392	1,334	8,393	11,522	4	299	182	906	5	0
1982	45,968	937	510	1,290	8,915	10,708	11	755	191	1,072	5	0
1983	27,220	559	234	1,073	4,593	4,339	13	864	61	659	2	0
1984	32,287	660	379	1,110	44,885	5,456	24	1,597	176	972	3	0
1985	38,965	1,767	657	1,675	6,058	9,984	33	2,197	534	1,457	7	0
1986	27,192	2,094	886	2,409	5,383	7,679	12	867	139	782	4	0
1987	18,816	2,481	884	2,946	30,851	6,201	0	6	36	239	4	5,941
1988	26,207	3,778	687	4,202	18,963	6,606	0	8	90	379	2	1,036
1989	31,533	5,787	1,428	15,950	7,624	10,705	2	136	208	655	5	1,352
1990	41,943	18,412	2,051	37,670	8,249	15,443	0	43	1,389	720	13	1,413
1991	38,618	16,263	2,751	65,478	10,499	19,139	0	51	1,974	1,017	14	1,711
1992	44,775	23,830	4,527	59,086	10,110	21,473	0	39	367	1,040	19	2,837
1993	13,211	24,882	2,224	8,350	10,104	20,066	0	30	387	914	14	2,097
1994	12,649	11,470	921	2,364	2,093	7,827	0	22	1,748	583	17	2,230
1995	7,609	3,915	560	1,406	1,322	4,798	0	13	235	365	14	896
1996	5,179	1,219	139	924	1,082	2,040	0	6	137	188	10	661
1997	9,324	2,136	117	963	8,477	5,284	0	9	214	284	11	1,089
1998	14,951	2,598	234	1,784	2,642	6,446	0	15	185	340	17	1,465
Total	822,477	131,453	20,448	216,740	255,503	216,865	249	16,675	9,270	20,956	298	22,729

Tabla A.2.15. Inventario de emisiones de NO_x por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1974 y ant.	3,485	83	9	94	958	906	40	5,677	430	4,782	6	0
1975	839	19	4	27	185	228	5	695	127	771	3	0
1976	832	18	4	27	1,169	245	8	1,205	157	1,002	3	0
1977	677	16	4	37	1,152	223	7	1,040	100	785	1	0
1978	841	19	5	33	288	308	8	1,205	82	1,062	4	0
1979	1,122	24	5	43	369	420	12	1,698	98	1,414	7	0
1980	1,495	32	8	34	443	594	11	1,704	391	1,588	10	0
1981	1,814	37	18	59	587	819	2	406	248	1,233	8	0
1982	1,736	35	23	57	623	761	7	1,029	260	1,461	8	0
1983	1,028	21	11	47	321	308	8	1,181	84	901	3	0
1984	1,220	25	17	49	3,138	388	14	2,177	240	1,326	4	0
1985	1,472	67	30	74	424	710	20	2,995	728	1,986	12	0
1986	1,442	111	40	106	376	546	8	1,182	190	1,067	6	0
1987	998	132	40	129	2,157	441	0	8	49	326	7	29
1988	1,390	200	31	185	1,326	470	0	11	122	514	4	5
1989	2,410	442	65	701	533	761	1	185	283	891	8	6
1990	3,206	1,407	93	1,655	577	1,098	0	58	1,895	982	21	7
1991	3,911	1,584	125	2,877	734	1,360	0	69	2,684	1,383	23	8
1992	4,534	2,320	206	2,596	707	1,526	0	53	497	1,412	31	13
1993	2,715	2,423	101	367	706	1,426	0	32	414	979	23	34
1994	2,599	1,117	42	104	293	522	0	22	1,773	592	29	38
1995	1,564	381	25	62	185	320	0	13	237	368	23	15
1996	1,064	119	6	41	152	136	0	6	140	192	17	12
1997	1,916	208	5	42	1,188	352	0	9	220	293	19	20
1998	3,072	253	11	78	370	430	0	15	192	353	28	28
Total	47,380	11,093	930	9,524	18,961	15,297	150	22,678	11,640	27,662	308	215

Emisiones de PM_{10}

Para el caso del cálculo de las emisiones de partículas menores a 10 micrones (PM_{10}), se utilizaron factores de emisión reportados en el estudio Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-use Light Duty Motor Vehicle in Denver Colorado Area, realizado por la Universidad de Colorado en 1998, los cuales se enlistan en la tabla A.2.16.

Tabla A.2.16. Factores de emisión para PM_{10}

Tipo de combustible	Factor de emisión PM_{10} [g/km]
Gasolina	0.029
Diesel	1.5
Gas LP	0.029

Con los datos del nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo, tablas A.2.6. y A.2.7. para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión de PM_{10} (ver tabla A.2.16) se obtuvieron las emisiones para cada año modelo y tipo de vehículo en el Distrito Federal y el Estado de México para 1998. Las emisiones reportadas de la Zona Metropolitana del Valle de México, son la suma del Distrito Federal y el Estado de México. A continuación se muestra un ejemplo de la secuencia de cálculo y obtener las emisiones de PM_{10} para los autos particulares de los años modelo 1974 y anteriores en el Distrito Federal y el Estado de México a partir de la ecuación 2.

Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. } PM_{10}} = (815,123,364) (0.029)/1,000,000 = 23.6 \text{ ton/año}$$

Estado de México

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. } PM_{10}} = (844,282,131) (0.029)/1,000,000 = 24.5 \text{ ton/año}$$

Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. } PM_{10}} = 23.6 + 24.5 = 48.1 \text{ ton/año}$$

Los resultados de este ejemplo, corresponden al valor de la celda sombreada de la tabla A.2.17 para la Zona Metropolitana del Valle de México.

De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentes en la tabla A.2.17.

Tabla A.2.17. Inventario de emisiones de PM₁₀ por tipo de vehículo en la ZMVM

Año	Emisiones [ton/año]											
	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
>1975	48.1	1.1	0.10	0.6	8.2	4.6	33.6	490.5	37.1	413.2	0.08	0.0
1975	11.6	0.3	0.04	0.2	1.6	1.2	4.1	60.0	11.0	66.6	0.05	0.0
1976	11.5	0.3	0.04	0.2	10.1	1.2	7.1	104.2	13.5	86.6	0.05	0.0
1977	9.4	0.2	0.05	0.2	9.9	1.1	6.1	90.0	8.7	68.0	0.02	0.0
1978	11.6	0.3	0.05	0.2	2.5	1.6	7.1	104.5	7.1	92.1	0.05	0.0
1979	15.5	0.3	0.05	0.3	3.2	2.1	10.2	149.0	8.6	124.0	0.10	0.0
1980	20.6	0.4	0.09	0.2	3.8	3.0	10.2	149.5	34.3	139.4	0.14	0.0
1981	25.0	0.5	0.19	0.4	5.0	4.1	2.0	35.7	21.8	108.3	0.45	0.0
1982	24.0	0.5	0.25	0.3	5.4	3.8	6.1	90.6	22.9	128.6	0.46	0.0
1983	14.2	0.3	0.11	0.3	2.8	1.6	7.1	104.0	7.4	79.3	0.15	0.0
1984	16.8	0.3	0.19	0.3	27.0	2.0	13.2	192.7	21.3	117.3	0.25	0.0
1985	20.3	0.9	0.32	0.4	3.6	3.6	18.3	266.8	64.8	176.9	0.70	0.0
1986	19.9	1.5	0.43	0.6	3.2	2.8	7.1	105.6	17.0	95.3	0.38	0.0
1987	13.8	1.8	0.43	0.8	18.6	2.2	0.0	0.7	4.4	29.2	0.38	4.6
1988	19.2	2.8	0.34	1.1	11.4	2.4	0.0	1.0	11.0	46.4	0.22	0.8
1989	29.1	5.3	0.70	4.3	4.6	3.8	1.0	16.8	25.6	80.6	0.47	1.1
1990	38.7	17.0	1.00	10.1	5.0	5.5	0.0	5.3	172.1	89.2	1.21	1.1
1991	47.3	31.0	1.34	17.6	6.3	6.9	0.0	6.3	245.1	126.3	1.33	1.4
1992	54.8	45.5	2.21	15.9	6.1	7.7	0.0	4.9	45.8	129.8	1.82	2.3
1993	52.5	47.5	1.09	2.2	6.1	7.2	0.0	3.8	48.6	114.8	1.31	2.4
1994	50.2	21.9	0.45	0.6	5.2	4.7	0.0	3.0	234.0	78.1	1.69	2.7
1995	30.2	7.5	0.27	0.4	3.3	2.9	0.0	1.8	33.0	51.3	1.35	1.1
1996	20.6	2.3	0.07	0.2	2.7	1.2	0.0	0.8	20.1	27.5	0.99	0.8
1997	37.0	4.1	0.06	0.3	21.0	3.2	0.0	1.3	31.7	42.1	1.08	1.4
1998	59.4	5.0	0.11	0.5	6.5	3.9	0.0	2.2	27.6	50.7	1.60	2.0
Total	701	199	10	59	183	84	133	1,990	1,174	2,562	16	22

Emisiones de SO₂

Las emisiones de bióxido de azufre (SO₂), se calculan mediante un balance de masa, tomando en cuenta las ventas de combustibles y el contenido de azufre, tabla A.2.18 y utilizando las ecuaciones 3 y 4 se obtiene una emisión por tipo de combustible, la cual se distribuye por tipo de vehículo utilizando las fracciones del nivel de actividad por tipo de vehículo de las tablas A.2.6, A.2.7 para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente. Las emisiones reportadas de la ZMVM son la suma del Distrito Federal y el Estado de México.

Tabla A.2.18. Consumo de combustibles y propiedades

Combustible	Ventas en 1998 [m ³] ⁹	Densidad ⁹ [ton/m ³]	Azufre ¹⁰ [%peso]
PEMEX Magna	6,066,650	0.73	0.039
PEMEX Premium	405,110	0.73	0.022
PEMEX Diesel	1,606,913	0.83	0.04
Gas L.P.	53,129*	---	0.14 [kg/ton]*

⁹ Fuente: PEMEX Refinación.

¹⁰ Oficio fechado el lunes 21 de junio de 1999 de la Subdirección de Producción de PEMEX Refinación dirigido al Dr. Adrián Fernández Bremauntz, Director General del Instituto Nacional de Ecología.

* Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas,

Anexo A

TÜV RHEINLAND 2000. El consumo de Gas L.P. está reportado en toneladas para 1998.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de SO₂ para los autos particulares del año modelo 1974 y anteriores en la ZMVM a partir de las ecuaciones 3 y 4, los resultados se presentan en la tabla A.2.19.

$$E_{SO_2 i} = (C_i) (P_i) (S_i) 2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Ecuación 4

$$E_{SO_2 j} = (KRV_j) / (KRV_i) (E_{SO_2 i})$$

Donde

Abreviatura	Descripción	Valor Magna	Valor Premium
E _{SO₂ i} :	Emisión de SO ₂ del combustible i [ton/año]	-	-
C _i :	Consumo de combustible i total [m ³ /año]	6,066,650	405,110
P _i :	Densidad del combustible i [ton/m ³] ^A	0.73	0.73
S _i :	Contenido de azufre presente en el combustible i [%peso/100] para gasolina y diesel [kg/ton] para gas LP	0.00039	0.00022
2:	Factor de conversión de masa para cambiar de azufre a masa SO _x (como SO ₂)	-	-
E _{SO₂ j} :	Emisión de SO ₂ del tipo de vehículo j [ton/año]	-	-
KRV _j :	KRV del tipo de vehículo j [km/año]	29,150,063,448	14,202,638,674
KRV _i :	KRV del tipo de combustible i [km/año]	-	-

Nota A: En el caso de GLP no se utiliza la densidad dado que el consumo se reporta en ton/año, y en el caso de la gasolina y diesel éste se reporta en m³/año

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación 3, por tipo de gasolina tenemos:

$$E_{SO_2 (Magna)} = (6,066,650) (0.73) (.00039) 2 = 3,454 \text{ ton/año}$$

$$E_{SO_2 (Premium)} = (405,110) (0.736) (.00022) 2 = 131 \text{ ton/año}$$

Emisión total de SO₂ por consumo de gasolinas en la ZMVM = 3,454 + 131 = 3,585 ton/año

De las tablas A.2.6. y A.2.7.

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina DF}} = 29,150,063,448 \text{ km/año}$$

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina EdoMéx}} = 14,202,638,674 \text{ km/año}$$

$$KRV_{\text{vehículos a gasolina total}} = 29,150,063,448 + 14,202,638,674 = 43,352,702,122 \text{ km/año}$$

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación 4, para el Distrito Federal y el Estado de México tenemos:

Distrito Federal

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = (15,974,779,755 / 43,352,702,122) (3,585) = 1,321 \text{ ton/año}$$

Estado de México

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = (8,212,963,063 / 43,352,702,122) (3,585) = 679 \text{ ton/año}$$

Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{SO_2} \text{ (AUTG 1974 y ant.)} = 1,321 + 679 = 2,000 \text{ ton/año}$$

La emisión de SO₂ así obtenida se muestra en la tabla A.2.19. (celda sombreada).

Tabla A.2.19. Inventario de emisiones de SO₂ en la ZMVM

Clasificación Vehicular	Emisiones de SO ₂ [ton/año]
Autos particulares	2,000
Taxis	567
Combis	28
Microbuses	166
Pick up's	522
Camiones de carga a gasolina	240
Vehículos a diesel <3 ton	24
Tractocamiones a diesel	363
Autobuses a diesel	214
Vehículos a diesel = 3 ton	468
Camiones de carga a gas LP	15
Motocicletas	63
Total	4,670

De esta forma las emisiones de contaminantes por tipo de vehículo para 1998 en el Distrito Federal y el Estado de México y la Zona Metropolitana del Valle de México quedaron conformado como se muestra en las tablas A.2.20, A.2.21 y A.2.22 respectivamente.

Tabla A.2.20. Inventario de emisiones por fuentes móviles en el Distrito Federal, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Autos particulares	463	1,321	481,161	30,824	48,854.0
Taxis	188	535	115,200	10,366	13,733
Combis	7	20	14,665	667	1,395
Microbuses	42	119	155,175	6,819	14,148
Pick up	40	114	51,058	3,913	5,035

Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículo < 3 diesel	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,933	353	16,214	22,081	7,389
Autobuses a diesel	867	158	6,846	8,596	2,850
Vehículo a diesel >3 ton	805	147	6,752	9,194	3,077
Camión de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	62	22,575	214	4,704
Total	4,600	3,108	1,087,058	108,429	120,251

Tabla A.2.21. Inventario de emisiones por fuentes móviles en el Estado de México, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
Autos particulares	238	679	341,316	16,556	32,851.0
Taxis	11	32	16,253	727	1,577
Combis	3	8	5,783	263	550
Microbuses	17	47	61,565	2,705	5,613
Pick up	143	408	204,445	15,048	19,564
Camiones de carga a gasolina	-	-	-	-	-
Vehículo < 3 diesel	-	-	-	-	-
Tractocamiones a diesel	57	10	461	597	198
Autobuses a diesel	307	56	2,424	3,044	1,003
Vehículo a diesel >3 ton	1,757	321	14,204	18,468	6,128
Camión de carga a gas LP	-	-	-	-	-
Motocicletas	-	1	154	1	38
Total	2,533	1,562	646,605	57,409	67,522

Tabla A.2.22. Inventario de emisiones por fuentes móviles en la ZMVM, 1998

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículo < 3 diesel	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículo a diesel >3 ton	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camión de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
Total	7,133	4,670	1,733,663	165,838	187,773

A.3. FUENTES DE AREA

El principal objetivo de inventariar las fuentes de área es contar con herramientas que sirvan para caracterizar las actividades de pequeña magnitud en función a los contaminantes emitidos a la atmósfera, a través de la recopilación de datos demográficos, parámetros económicos, materias primas, combustibles utilizados para la elaboración de bienes y servicios de mayor

demanda en la Zona Metropolitana del Valle de México, y para cuantificar la emisión de contaminantes, utilizando la metodología de balance de materiales, modelos computacionales y factores de emisión más adecuados; como se muestra a continuación.

Distribución y venta de gasolina

La estimación de emisiones en esta categoría, se ha dividido en tres etapas durante el proceso de distribución y venta de gasolina (DVG) a las estaciones de servicio, considerando en todo momento la eficiencia del sistema de recuperación de vapores (SRV). El SRV es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de los vapores de gasolina producidos en la operación de transferencia de este combustible, que de otra manera, serían libremente emitidos a la atmósfera. La emisión de hidrocarburos totales (E_{HCT}) de gasolina, asociada al proceso DVG es la sumatoria de la emisión por etapas, es decir:

$$E_{HCT} = \text{Etapa I} + \text{Etapa II} + \text{Etapa III}$$

Cada etapa se define como:

Etapa I: Perdidas por respiración en tránsito (PRT).

Durante el transporte de gasolina ocurren pérdidas por respiración y son ocasionadas por camiones de reparto con fugas, presión en los tanques y efectos térmicos sobre el vapor y sobre el líquido, cuando el carro tanque realiza su recorrido hacia la estación de servicio (con carga) y a la terminal de almacenamiento (sin carga). La estimación de sus emisiones y se realiza con la siguiente ecuación.

$$E_{HC (PRT)} = [0.00125C_g] * [FE(tc) + FE(tv)]$$

Donde

$E_{HC (PRT)}$: Emisión de HC o pérdidas por respiración en tránsito [ton/año]

C_g : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m³]

$FE(tc)$: Factor de emisión por transporte (carro tanque cargado) [kg/m³] tabla A.3.1

$FE(tv)$: Factor de emisión por transporte (carro tanque vacío) [kg/m³] tabla A.3.1

Etapa II: Perdidas por transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento (PTGTA).

La emisión de HC, asociada a la transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento, se ven afectadas por el hecho de que el tanque de la estación de servicio esté equipado para ser llenado por sumergido, por barboteo o por balance; por lo tanto, se debe obtener información acerca de la fracción de estaciones que aplica cada método de llenado. Una segunda fuente de emisión; es la respiración de los tanques, esta, ocurre diario y se atribuye a la frecuencia con la que se retira gasolina del tanque subterráneo, permitiendo la evaporación de la gasolina y la entrada de aire fresco que aumenta su evaporación.

Las emisiones por PTGTA, son estimadas con la siguiente ecuación modificada:

$$E_{HC (PTGTA)} = [0.00015Cg] * [6.66FE(bv) + FE(rts)]$$

Donde

- $E_{HC (PTGTA)}$: Emisión por transferencia de gasolina al tanque de almacenamiento [ton/año]
- Cg : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m³]
- $FE(bv)$: Factor de emisión (balance de vapores) en la recarga del tanque de almacenamiento [kg/m³] tabla A.3.1
- $FE(rts)$: Factor de emisión (respiración del tanque subterráneo) [kg/m³] tabla A.3.1

Etapas III: Recarga de gasolina a vehículos automotores (RGVA).

Las emisiones producidas en la recarga de gasolina a vehículos automotores provienen de los vapores desplazados por la gasolina cuando es suministrada al tanque de almacenamiento del vehículo automotor.

La emisión por la RGVA se estima con la siguiente ecuación:

$$E_{HC (RGVA)} = [0.00015Cg] * [FE(bd)]$$

Donde

- $E_{HC (RGVA)}$: Emisión de HC por la RGVA [ton/año]
- Cg : Volumen de gasolina distribuido a las estaciones de servicio [m³]
- $FE(bd)$: Factor de emisión en la RGVA por la (bomba despachadora) [kg/m³] tabla A.3.1

Tabla A.3.1. Factores de emisión para HC en distribución y venta de gasolina

Factores de emisión [kg /m ³]				
FE(tc)	FE(tv)	FE(bv)	FE(rts)	FE(bd)
0.000599	0.00659	0.04	0.120	0.132

Fuente: AP-42, 1995

La emisión asociada a la actividad, se estimó a través del volumen de gasolina⁶ distribuido a las estaciones de servicio ubicadas en la ZMVM y que fue de 5,720,000 m³. Sustituyendo en las ecuaciones por etapas, el consumo de gasolina y los factores de emisión correspondientes de la tabla A.3.1 se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.2.

Tabla A.3.2. Inventario de emisión de HC en estaciones de servicio de la ZMVM, 1998

Emisiones por etapa [ton/año]			
I	II	III	Total
51	332	113	496

Almacenamiento masivo de combustibles

⁶ Información proporcionada por PEMEX Refinación.

La emisión de hidrocarburos totales por fugas en los tanques de almacena masivo de líquidos orgánicos (Propiedad de PEMEX), se estima mediante el programa TANKS⁷. El sistema permite al usuario integrar la información específica acerca del tanque de almacenamiento (dimensiones, construcción y condición de la pintura), el líquido contenido (componentes químicos, volumen y temperatura) y la ubicación del tanque (ciudad principal más cercana y temperatura ambiente). Las características del informe del programa TANKS, incluyen la estimación de emisiones mensual, anual o la resolución temporal que asigne el usuario, el mismo usuario deberá realizar una corrida especial para cada componente químico o mezcla de químicos que se encuentre almacenado en un tanque. La Versión 3.0 del TANKS, mantiene la consistencia de la metodología de la USEPA para el cálculo de emisiones.

El almacenamiento de gasolina PEMEX-Magna, PEMEX-Premium, PEMEX-Diesel son los fluidos que serán evaluados en esta sección; la información de actividad es proporcionada por PEMEX refinación⁸ y se muestra en la tabla A.3.3.

Tabla A.3.3. Características de los tanques de almacenamiento de gasolina propiedad de PEMEX en la ZMVM, 1998

Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-1	TV-2	TV-3
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico	Fijo cónico	Fijo con membrana cónica
Producto almacenado	PEMEX-Magna	Recuperado	PEMEX-Magna
Diámetro del tanque	40.84 [mts]	9.15[mts]	18.2[mts]
Altura de operación	10.88[mts]	10 [mts]	10 [mts]
Altura de diseño	11.39[mts]	12.2[mts]	12.2[mts]
Capacidad de operación	89,410[bls]	5,000[bls]	20,000[bls]
Capacidad de diseño	100,000[bls]	5,740[bls]	37,892[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio	Blanco en buen estado	
Volumen bombeado	319,551[bls]	290,682[bls]	712,531[bls]
Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-4	TV-5	TV-6
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Magna	PEMEX-Premum	Turbosina
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.16[mts]		11.44 [mts]
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,251[bls]		94,115[bls]
Capacidad de diseño	100,000[bls]		

7 USER/S GUIDE to TANKS V.3.1; Emission Factor and Inventory Group, Emissions, Monitoring, and Analysis Division, Office of Air Quality Planning and Standards; U.S. EPA

8 Gerencia comercial Zona Valle de México.

Anexo A

Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	758,461[bls]	110,245[bls]	274,936[bls]
Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-8	TV-9	TV-10
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Magna		PEMEX-Premium
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.14[mts]		
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,230[bls]	91,220[bls]	91,240[bls]
Capacidad de diseño	100,000[bls]		
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	574,661[bls]	726,105[bls]	120,353[bls]

Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-12	TV-13	TV-14
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Diesel		
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		
Altura de operación	11.14[mts]		
Altura de diseño	11.65[mts]		
Capacidad de operación	91,405[bls]	91,297[bls]	
Capacidad de diseño	100,000[bls]		
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	322,218[bls]	143,009[bls]	267,054[bls]
Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-15	TV-16	TV-17
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	Combustible industrial		PEMEX-Premium
Diámetro del tanque	22.35 [mts]		18.29[mts]
Altura de operación	10.55[mts]		8.73[mts]
Altura de diseño	11.23[mts]		11.28[mts]
Capacidad de operación	25,996[bls]	26,008[bls]	14,384[bls]
Capacidad de diseño	30,000[bls]		20,000[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio	Blanco en buen estado	
Volumen bombeado	88,261[bls]	106,188[bls]	27,871[bls]
Terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco (TADAZC)			
Clave del tanque	TV-18	TV-19	

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998

Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana geodésico		
Producto almacenado	PEMEX-Premium	Recuperado	
Diámetro del tanque	18.29 [mts]	12.95[mts]	
Altura de operación	8.73[mts]	6.58 [mts]	
Altura de diseño	11.28[mts]	11.65[mts]	
Capacidad de operación	14,394[bls]	5,450[bls]	
Capacidad de diseño	20,000[bls]	10,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Aluminio		
Volumen bombeado	26,638[bls]	4,095[bls]	
Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Oriente (TADSO)			
Clave del tanque	TV-2	TV-3	TV-8
Tipo de tanque	Vertical		
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica		
Producto almacenado	PEMEX-Premium	PEMEX-Diesel	PEMEX-Magna
Diámetro del tanque	30.48 [mts]	22.39[mts]	33.99[mts]
Altura de operación	6.9[mts]	7.3[mts]	
Altura de diseño	12.565[mts]	9.339[mts]	
Capacidad de operación	27,142[bls]	20,223[bls]	46,189[bls]
Capacidad de diseño	35,000[bls]	55,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado		
Pintura del techo	Blanco en buen estado		
Volumen bombeado	49,057[bls]	196,226[bls]	981,132[bls]

Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Oriente (TADSO)	
Clave del tanque	TV-6
Tipo de tanque	Vertical
Tipo de techo	Fijo cónico
Producto almacenado	Recuperado
Diámetro del tanque	9.15 [mts]
Altura de operación	6.90[mts]
Altura de diseño	12.58[mts]
Capacidad de operación	2,800[bls]
Capacidad de diseño	5,000[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado
Pintura del techo	Blanco en buen estado
Volumen bombeado	50[bls]
Tipo de construcción	Soldado
Tipo de sellos	Sin sello
Soporte del techo	Autosoportado

Anexo A

Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Norte (TADSN)				
Clave del tanque	TV-3	TV-5	TV-6	
Tipo de tanque	Vertical			
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica			
Producto almacenado	PEMEX -Diesel	PEMEX-Magna	Recuperado	
Diámetro del tanque	40.84 [mts]		18.2[mts]	
Altura de operación	10.38[mts]	7.31[mts]	5.5[mts]	
Altura de diseño	12.5[mts]			
Capacidad de operación	84,737[bls]	60,000[bls]	9041[bls]	
Capacidad de diseño	100,000[bls]		20,000[bls]	
Pintura del tanque	Blanco en buen estado			
Pintura del techo	Blanco en buen estado			
Volumen bombeado	211,107[bls]	583,000[bls]	524[bls]	
Terminal de almacenamiento y distribución Satélite Sur (TADSS)				
Clave del tanque	TV-3	TV-5	TV-6	TV-8
Tipo de tanque	Vertical			
Tipo de techo	Fijo con membrana cónica			
Producto almacenado	PEMEX -Diesel	Recuperado	PEMEX -Magna	PEMEX -Magna
Diámetro del tanque	18.2 [mts]	9.15[mts]	18.2[mts]	
Altura de operación	10[mts]			
Altura de diseño	12.2[mts]			
Capacidad de operación	18,496[bls]	5,000[bls]	20,000[bls]	37,892[bls]
Capacidad de diseño	20,000[bls]	5,740[bls]	37,892[bls]	40,000[bls]
Pintura del tanque	Blanco en buen estado			
Pintura del techo	Blanco en buen estado			
Volumen bombeado	93,270[bls]	50[bls]	674,160[bls]	80,602[bls]

Nota

- (1) Todos los tanques cuentan con el tipo de sellos Wipper, excepto los tanques TADSS-TV5; TADAZC-TV19, los cuales no tienen sello)
- (2) La unión en la construcción de los tanques es soldada.
- (3) Los soportes del techo son autosoportados.
- (4) Los tanques cuentan con: accesorios para sistemas de tele medición, tubo difusor de flujo, sistema de tierras, boquillas de purga, cámara de espuma, línea de inyección subsuperficial, anillos de enfriamiento, registros de hombre.

El modelo proporciona diferentes pantallas de entrada de datos para cinco diferentes tipos de tanques y existen cuatro categorías de información aplicables a cada uno de ellos, por lo que, para su mayor comprensión en el uso y aplicación de este programa, sugerimos la revisión del manual del usuario TANKS 3.0. En la figura A.3.1 se muestra el contenido de los datos de entrada al modelo y el reporte de emisión generado por el tanque TV-2 ubicado en la terminal de almacenamiento y distribución satélite oriente (TADSO-TV2-1998).

Figura A.3.1. Reporte típico del TANKS PROGRAM

Deck fitting / status		Quantity																											
Vacum breaker (10-in. Diam.) / weighted mech. Actuation, gask.		1																											
Sample pipe or well (24-in. Diam.) / slit fabric seal 10% open		1																											
Roof leg or hanger well/adjustable		32																											
Leader well (36 -in. Diam.)/sliding cover, ungasketed		1																											
Column well (24 -in. Diam.)/built -up col. -sliding cover, ungask		6																											
Automatic gauge float well /unbolted cover, ungasketed		1																											
Access hatch (24-in. Diam.) /unbolted cover, ungasketed		1																											
<p>Meteorological data used in emission calculations: México DF. Distrito_Federal Avg atmospheric pressure = 11.3 psia)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mixture/component</th> <th rowspan="2">Month</th> <th colspan="3">Daily liquid surf. Temperatures (deg F)</th> <th rowspan="2">liquid bulk temp. (deg F)</th> <th colspan="3">Vapor pressures (psia)</th> <th rowspan="2">Vapor mol weight</th> </tr> <tr> <th>Avg</th> <th>Min.</th> <th>Max.</th> <th>Avg.</th> <th>Min.</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gasoline (RVP 7)</td> <td>All</td> <td>52.02</td> <td>51.11</td> <td>52.93</td> <td>52.02</td> <td>2.95</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>68</td> </tr> </tbody> </table>				Mixture/component	Month	Daily liquid surf. Temperatures (deg F)			liquid bulk temp. (deg F)	Vapor pressures (psia)			Vapor mol weight	Avg	Min.	Max.	Avg.	Min.	Max.	Gasoline (RVP 7)	All	52.02	51.11	52.93	52.02	2.95	N/A	N/A	68
Mixture/component	Month	Daily liquid surf. Temperatures (deg F)				liquid bulk temp. (deg F)	Vapor pressures (psia)			Vapor mol weight																			
		Avg	Min.	Max.	Avg.		Min.	Max.																					
Gasoline (RVP 7)	All	52.02	51.11	52.93	52.02	2.95	N/A	N/A	68																				
Annual emissions report																													
Liquid contents	Losses (lbs.):	Rim-seal	Deck-fitting	Deck-seam	Total standing	total																							
Gasoline (RVP 7)	14.18	822.7	3491.65	0	4314.43	4328.61																							
total	14.18	822.7	3491.65	0	4314.43	4328.71																							

Fuente: TANKS program 3.1

El dato sombreado en la figura A.3.1 (4,328.71 lb/año, equivalente a 1.96755 ton/año) es la emisión de hidrocarburos de gasolina "Premium" emitido a la atmósfera. Se realizó una corrida especial para cada uno de los tanques y la tabla A.3.4 muestra la emisión generada por tipo de combustible almacenado en un tanque específico de la terminal de almacenamiento y distribución correspondiente.

Tabla A.3.4. Inventario de emisiones de HC por almacenamiento masivo de combustibles en la ZMVM, 1998

Terminal de almacenamiento	Clave de identidad del tanque	Combustible almacenado	Emisión de HC [ton/año]
Satélite oriente "TADSO"	TV-2	Premium	1.96755
	TV-3	Diesel	0.2028
	TV-8	Magna	2.2686
	TV-6	Recuperado	0.3827
Satélite norte "TADSN"	TV-3	Diesel	0.3985
	TV-5	Magna	2.923
	TV-6	Recuperado	1.1568
Satélite sur "TADSS"	TV-3	Diesel	0.1624
	TV-5	Recuperado	0.2668
	TV-6	Magna	1.0203
	TV-8	Premium	23.8192
Azcapotzalco "TADAZC"	TV-1	Magna	0.8017
	TV-2	Recuperado	60.0339
	TV-3	Magna	0.7341
	TV-4	Magna	0.8216
	TV-5	Premium	0.7923
	TV-7	Turbosina	0.2084
	TV-8	Magna	0.8133
	TV-9	Magna	0.7915
	TV-10	Premium	0.7927
	TV-12	Diesel	0.1378
	TV-13	Diesel	0.1276
	TV-14	Diesel	0.1346
	TV-15	Combustible industrial	0.0780
	TV-16	Combustible industrial	0.0940
	TV-17	Premium	0.4078
TV-18	Premium	0.4076	
TV-19	Recuperado	0.3649	
Total			102.11

Recarga de aeronaves

En la actualidad, la turbosina y el gas avión 100/130 son los combustibles más comunes y utilizados en aeronaves que realizan sus operaciones en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. La emisión de vapores de hidrocarburos, ocurre por desplazamiento en el momento que se recarga de combustible a la aeronave y es una función directa de la presión de vapor, del tipo de combustible y temperatura ambiente.

La estimación de sus emisiones se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{HCT}(j)} = FE_{(j)} * (C_{(j)} / 2202.6) = [\text{ton/año}]$$

Donde

$E_{\text{HCT}(j)}$: Emisión de HC totales producidas en la carga del combustible (j) [ton/año]

FE_j : Factor de emisión del combustible (j) [lb/1000 galones] tabla A.3.5

$C_{(j)}$: Volumen del combustible (j) utilizado en la recarga [1000 galones]

Tabla A.3.5. Factores de emisión para HC en recarga de aeronaves [lb HC/1000 galones]

FE (t) = Factor de emisión para turbosina	0.0387
FE (ga) = Factor de emisión para gas avión 100/130	9.957

Fuente: AP-42 estimados con parámetros físico químicos de los combustibles distribuidos en la ZMVM a temperatura ambiente.

La Subdirección de Operaciones y Servicios de Aeropuertos y Servicios Auxiliares "ASA" reportaron un consumo de turbosina de 290,386 mil galones y 71 mil galones de gas avión, que fueron utilizados en la recarga de aeronaves que partieron de la Ciudad de México con destino nacional e internacional. Sustituyendo estos valores y los correspondientes factores de emisión en la ecuación anterior se obtiene la emisión por la recarga de aeronaves en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, ver tabla A.3.6.

Tabla A.3.6. Inventario de emisiones de HC en la recarga de aeronaves en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, 1998

Tipo de Combustible	Emisión de HC [ton/año]
Turbosina	5.102
Gas avión	0.320
Total	5.420

Fugas por almacenamiento y distribución de gas LP

Recientes investigaciones en materia ambiental han demostrado que el gas LP, es un factor importante en la formación de ozono y la presencia en la atmósfera de contaminantes que en su mayoría son propano y butano, componentes principales del gas LP; en gran parte, es consecuencia del complejo sistema de distribución que da origen a las emisiones fugitivas de este combustible y se le atribuye entre el 20% - 50% de la formación de ozono⁹ en la atmósfera de la ZMVM. La estimación de emisiones fugitivas de hidrocarburos de gas LP, se ha dividido en dos categorías que se definen como:

A) Almacenamiento de gas LP "AGLP": Considera a las emisiones fugitivas en el llenado de recipientes portátiles, la descarga de semirremolques, la recarga de autotanques y el almacenamiento en planta.

B) Distribución de gas LP "DGLP": Engloba a la transferencia o distribución de recipientes portátiles al domicilio del usuario, la distribución y recarga en estaciones de servicio y la descarga en tanques estacionarios.

⁹ Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono; IMP/Dr. Donald R. Blake and Dr. F. Sherwood Rowland.

El resultado de ambas definiciones, es la emisión de hidrocarburos de gas LP por almacenamiento y distribución de gas LP "EHC(ADGLP)" es decir:

$$E_{HC(ADGLP)} = E_{HC(AGLP)} + E_{HC(DGLP)} \quad E_{HC(AGLP)} = C_{GLP} * FE_{(AGLP)} \quad E_{HC(DGLP)} = C_{GLP} * FE_{(DGLP)}$$

Donde

- $E_{HC(AGLP)}$: Emisión de hidrocarburos de gas LP, asociada al almacenamiento [ton HC/año]
- $E_{HC(DGLP)}$: Emisión de hidrocarburos de gas LP, asociada a la distribución [ton HC/año]
- $FE_{(AGLP)}$: Factor de emisión por almacenamiento [ton HC/ton gas LP] tabla A.3.7
- $FE_{(DGLP)}$: Factor de emisión por distribución [ton HC/ton gas LP] tabla A.3.7
- C_{GLP} : Volumen masico de gas LP, distribuido a la ZMVM [ton de gas LP]

Tabla A.3.7. Factores de emisión para HC [ton HC/ton de GLP] en almacenamiento y distribución de gas LP

$F_{E(AGLP)}$	44.84E-5
$F_{E(DGLP)}$	61.90E-4

Fuente: PEMEX-Gas y Petroquímica Básica10

La distribución energética de gas LP en la Zona Metropolitana del Valle de México en el año de 1998, fue de 92.59 petajoules equivalentes a 1,989,211 toneladas de gas LP¹¹; por sustitución de valores en las ecuaciones anteriores, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.8.

Tabla A.3.8. Inventario de emisiones de HC de gas LP [ton/año] por almacenamiento y distribución

$E_{HC(AGLP)}$	892
$E_{HC(DGLP)}$	12,314
Total	13,206

Fugas por uso doméstico de gas LP

El gas licuado, juega un papel de primordial importancia en los hogares mexicanos, por ser el combustible de mayor uso; los riesgos asociados a su manejo están constituidos por las fugas que se podrían presentar en las tuberías (instalaciones domésticas) y accesorios que dirigen al combustible al equipo de combustión (estufas y calentadores), que de igual forma estos equipos presentan deficiencias en la combustión y emisiones fugitivas por pilotos apagados. El análisis aplica la metodología desarrollada por el TUV Rheinland de México S.A. DE C.V.¹² y PEMEX gas y petroquímica básica¹³, de donde se obtuvieron los factores de emisión establecidos en la tabla A.3.9.

Tabla A.3.9. Factores de emisión para accesorios [ton/año-accesorio] en instalaciones domésticas a gas LP

10 Memoria técnica del estudio " Efectos de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la Atmósfera de la ZMCM" M. Vega Ballesteros/E. Ontiveros Padilla", Primera edición 1999.

11 Consumo de Gas LP proporcionado por PEMEX Gas y Petroquímica Básica

12 Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM; agosto 2000

13 Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la atmósfera de la ZMVM; 1997

Anexo A

Conexiones	2.07E-03	Pilotos apagados en estufas	1.02E-03
Pictetes	1.97E-03	Pilotos apagados en calentadores	1.57E-07
Reguladores	1.09E-03	Encendido de estufas	2.24E-04
R. Estacionarios	1.05E-03	Encendido de calentadores	1.57E-07
Calentadores	1.21E-04	HCNQ en estufas	5.42E-03
R. Portátiles	3.03E-05	HCNQ en calentadores	2.33E-03
Válvulas de paso	2.42E-05		

La estimación de emisiones para cada uno de los conceptos anteriores, se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_{HC(j)} = FE_{(j)} * FA_{(j)}$$

Donde

$E_{HC(j)}$: Emisión total o parcial de HC de gas LP, del accesorio (j) [ton/año]

$FE_{(j)}$: Factor de emisión para el accesorio (j) [ton/año - accesorio] tabla A.3.9

$FA(j)$: Número de accesorios de (j)

La definición de la cantidad de accesorios que fueron utilizados en el año de 1998, requiere de información sobre población y vivienda, así como la saturación de equipos y de instalaciones que utilizaron gas LP en el año de referencia, Ver tabla A.3.10.

Tabla A.3.10. Factores de saturación de equipos y conteo de población y vivienda en la ZMVM, 1998

Conteo población y vivienda en la ZMVM ¹⁴	
Población [mill. Hab.]	16.7
Viviendas [mill. Viv.]	3.9
Factor de saturación de estufas a gas LP ¹⁵	
Cada vivienda cuenta por lo menos con una estufa	
Estufas a gas LP	0.9709
Con piloto	0.7980
Sin piloto (encendido con cerillo)	0.0950
Encendido electrónico	0.1070
Factor de saturación de instalaciones a gas LP ¹⁵	
Cada estufa a gas LP, cuenta por lo menos con una instalación.	
Con tanque portátil.	0.808
Con tanque estacionario.	0.192
Factor de saturación de calentadores a gas LP ¹⁵	
Factor de saturación de calentadores a gas LP	0.6204

14 Determinación propia para las 16 delegaciones y 18 municipios, correspondientes a la cobertura de este Inventario, a partir del Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI; Conteo de Población y Vivienda 1995, INEGI; y Escenarios Demográficos para la ZMVM 2000, CONAPO.

15 Determinación propia para la ZMVM a partir del procesamiento de las bases de datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994 y 1996. De aquí se establecieron las saturaciones: 99.2% para estufa de gas y 64.1% para calentador o boiler de gas y el hecho de que cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.11.

Tabla A.3.11. Inventario de emisiones de HC de gas LP [ton/año] por uso doméstico

Conexiones a TP	6,524
Pictetes TP	6,197
Reguladores TP	3,425
Recipientes portátiles	95
Válvulas de paso TP	76
Recipientes estacionarios	788
Reguladores TE	816
Válvulas de paso TE	18
Encendido de estufas	848
Pilotos apagados en estufas	3,092
Calentadores	294
Encendido de calentadores	0.38
Pilotos apagados en calentadores	0
HCNQ en estufas	20,531
HCNQ en calentadores	5,646
Total	48,350

TP: Tanque portátil; TE: Tanque estacionario; HCQN: Hidrocarburos no quemados

Evaporación de Solventes

Muchas de las actividades que utilizan solventes, se caracterizan por tener evaporaciones de HC durante sus operaciones. Por ejemplo, los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que estos compuestos se aplican y secan, como es el caso de la aplicación de pintura y/o recubrimientos arquitectónicos, industriales y automotriz; otro caso muy particular es el uso de solventes o productos de limpieza de superficies metálicas y de prendas de vestir "lavado en seco". Para la estimación de las emisiones generadas se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_{(j)} = FE_{(j)} \times FA_{(j)}$$

Donde

$E_{(j)}$: Emisión de HC, asociado a la actividad (j) [ton/año].

$FE_{(j)}$: Factor de emisión asociado a la actividad (j) [ton/hab] tabla A.3.12.

$FA_{(j)}$: Nivel de actividad asociada al factor de emisión de la actividad (j) [hab].

Tabla A.3.12. Factores de emisión por uso y aplicación de solventes [kg/hab-año]

$FE(Is)$ = Lavado en seco	0.60068
$FE(Id)$ = Limpieza y desengrase	1.8019

FE(ag) = Artes gráficas	0.40
FE(ccs) = Consumo comercial de solventes	4.58
FE(rsi) = Recubrimiento de superficies industriales	1.28
FE(rsa) = Recubrimiento de superficies arquitectónicas	1.36
FE(pa) = Pintura automotriz	0.13
FE(apt) = Pintura tránsito	0.048

Fuente: AP-42, 1995; DGPC-SIE/ANAFAPYT, 1997.

El factor de actividad asociado al factor de emisión esta indicado por el número de habitantes de la zona a inventariar; por lo que, se estima que en la Zona Metropolitana del Valle de México (16 delegaciones + 18 municipios) para el año de 1998, era poblada por 16.73 millones de habitantes. Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultado de la tabla A.3.13.

**Tabla A.3.13. Inventario de emisiones de HC [ton/año]
por uso y aplicación de solventes**

Lavado en seco	$(16,730,000 * 0.60068)/1000$	10,049
Limpieza y desengrase	$(16,730,000 * 1.8019)/1000$	30,146
Artes gráficas	$(16,730,000 * 0.4)/1000$	6,692
Consumo comercial de solventes	$(16,730,000 * 4.58)/1000$	76,623
Recubrimiento de superficies industriales	$(16,730,000 * 1.28)/1000$	21,414
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	$(16,730,000 * 1.36)/1000$	22,752
Pintura automotriz	$(16,730,000 * 0.137)/1000$	2,175
Pintura tránsito	$(16,730,000 * 0.048)/1000$	803

Esterilización en hospitales

La información básica para estimar la emisión de HC por uso de solventes fue proporcionada por el ISSTE, Sector Salud, IMSS y Hospitales Particulares en los cuales se realizan procesos de desinfección de materiales por medio de solventes.

**Tabla A.3.14. Factores de emisión [kg/cama-año]
para evaporación de solventes**

Actividad	Rango	[kg/cama]
Esterilización en hospitales	200 > x < 500	0.59
	x < 200	0.77
	x > 500	0.82

Fuente: APE-42, 1995

En el D.F. existen alrededor de 30,000 camas para uso hospitalario y corresponden al rango de hospitales menores a 200 camas; la emisión de HC es calculada con la siguiente ecuación.

$$E_{HC} = \text{Número de camas} * \text{Factor de emisión}$$

La información obtenida¹, es procesada e ingresada al modelo. La tabla A.3.20 muestra la emisión generada por planta de tratamiento asociada al tipo de industria que realiza su descarga en la zona de ubicación de la planta de tratamiento de agua residual.

Tabla A.3.18. Ubicación y volumen de agua tratada en plantas de tratamiento de agua residual en el Distrito Federal

Nombre de planta	Ubicación	Gasto [m ³ /año]
Abasolo	Tlalpan	473,040
Acueducto de Guadalupe	Gustavo A. Madero	2,522,880
Andrés Mixquic	Tláhuac	946,080
Bosques de las Lomas	Miguel Hidalgo	567,575
Cerro de la Estrella	Iztapalapa	66,225,600
Ciudad Deportiva	Iztacalco	3,153,600
Coyoacán	Coyoacán	9,460,800
Chapultepec	Miguel Hidalgo	3,784,320
Iztacalco	Iztacalco	315,360
La Lupita	Tláhuac	409,968
Parres	Tlalpan	63,145
PEMEX	Magdalena Contreras	473,040
Reclusorio	Xochimilco	946,080
Rosario	Azacapozalco	504,430
San Juan de Aragón	Gustavo A. Madero	9,460,800
San Lorenzo	Xochimilco	7,095,600
San Luis Tlaxaltemalco	Xochimilco	3,468,960
San Pedro Actopan	Milpa Alta	1,103,760
Tlatelolco	Cuauhtemoc	378,140
Xicalco	Tlalpan	189,070
Total	ZMVM	111,542,248

Tabla A.3.1.9. Categoría de industrias que alimentan al modelo SIMS

Código	Categoría de industria	Código	Categoría de industria
1	Adhesives and sealants	16	Nonferrous metals MFG
2	Battery MFG	17	Organic Chemicals MFG
3	Sin datos	18	Paint MFG and formulation
4	Dye MFG and formulation	19	Pesticides MFG
5	Electrical and electronic components	20	Pharmaceuticals MFG
6	Electroplating and metal finishing	21	Photogrphics chemicals and film MFG
7	Equipment MFG and assambley	22	Plastics molding and forming
8	Explosives MFG	23	Plastics, resins, synthetic fiber MFG
9	Gumand wood chemicals related oils	24	Porcelain enameling
10	Industrial and commercial laudries	25	Priting and publishing
11	Ink MFG and formulation	26	Pulp and paper wills
12	Inorganic chemicals and forming	27	Rubber MFG and processing
13	Lether tanning and finishing	28	Textile mills
14	Nonferrous metals forming	29	Timber products processing
15	Nonferrous metals MFG		

Locomotoras

¹ La información es proporcionada por la Dirección de Servicios Hidráulicos a Usuarios

Las locomotoras que utilizan un alternador o generador de energía y una maquina a diesel para dar tracción a los motores, producen emisiones de contaminantes producto de la combustión del diesel. La estimación de sus emisiones se ha separado en: locomotoras foráneas y locomotoras de patio, en ambos casos se utilizó la metodología USEPA² que consiste; en la aplicación de factores de emisión por tipo de contaminante y consumo de combustible, el cual se determina a partir de los kilómetros recorridos y el número de locomotoras en uso. Debido a que las locomotoras de línea son predominantemente interestatales es necesario conocer estas variables ya que el combustible puede no ser quemado en su totalidad en el área donde fue abastecido. La información de actividad es proporcionada por Ferrocarriles Nacionales de México³.

Para el cálculo de las emisiones se utilizó la siguiente ecuación:

$$E(i) = (Cg * FE(i))/1000$$

Donde

- E(i): Emisión del contaminante (i) [ton/año]
 FE(i): Factor de emisión del contaminante (i) tabla A.3.21
 Cg : Consumo anual del combustible

El consumo de combustible es una variable que se deberá calcular con la ecuación:

$$Cg = R * NSOP * KRS * 2$$

- R: Rendimiento (4.10 l/km)⁴
 NSOP: Número de semanas de operación [54 semanas]
 KRS: Kilómetros recorridos por locomotora [km/sem]

$$KRS = DO * KRV * NLP$$

- DO: Días de operación de locomotoras⁵ [días/semana]
 KRV: Kilómetros de vía que existen dentro e la ZMVM⁶ [km]
 NLP: Número de locomotoras en operación por día [NLP/día]

sustituyendo valores en las ecuaciones anteriores se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla A.3.22 y el inventario de emisiones para locomotoras de patio y foráneas de la tabla A.3.23.

**Tabla A.3.21. Factores de emisión⁷ [kg./l]
para locomotoras foráneas y de patio**

PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
0.0014	0.0074	0.0075	0.0591	0.0025

**Tabla A.3.22. Inventario de emisiones contaminantes
y resumen de operaciones de locomotoras foráneas de la ZMVM**

Destino del tren	DO	NLP	KRDL	KRS	R	Cg	Emisiones [ton/año]
------------------	----	-----	------	-----	---	----	---------------------

2 Manual del programa de inventario de emisiones de México - Vol. V-marzo 1997 Pag 5-4. EPA

3 Subdirección de Transporte

4 Información proporcionada por la Terminal ferroviaria del Valle de México.

5 Información proporcionada por Ferrocarriles Nacionales de México "calendario de operaciones".

6 Calculado de mapa de distribución de vías férreas de FNM en el Valle de México y Guía roji 1993. Plano llave de la Ciudad de México. Escala 1:45,000

7 Factor de emisión obtenido del documento México Emissions Inventory Programs Manuals. Volume V - Area Source Inventory Development. Radian International 1996. Sección 5.1 Locomotives.

							PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Cuatla, Morelos (S-C)	7	2	9.9	138.6	4.10	59,099	0.08	0.44	0.44	3.49	0.15
Apaxco, Edo. de México (E-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Coatzacoalcos, Veracruz (E-C)	7	6	3.8	158.8	4.10	67,695	0.09	0.50	0.51	4.00	0.17
Cuatla, Morelos (E-C)	7	2	4.4	61.7	4.10	26,326	0.04	0.19	0.20	1.56	0.07
Ecatepec (E)	6	5	3.8	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Guadalajara (E)	7	3	5.40	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Guadalajara, Jalisco (E-C)	7	3	5.4	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Huehuetoca, Edo. de México (E-C)	6	4	4.82	115.6	4.10	49,275	0.07	0.36	0.37	2.91	0.12
Huichapan, Hgo. (E-C)	3	1	4.82	14.4	4.10	6,159	0.01	0.05	0.05	0.36	0.02
Interm. Méx- Nuevo Laredo (S)	7	6	4.82	202.2	4.10	86,231	0.12	0.64	0.65	5.10	0.22
Lazaro Cardenas (S-C)	7	4	5.4	151.2	4.10	64,472	0.09	0.48	0.48	3.81	0.16
Manzanillo (S)	1	2	5.40	10.8	4.10	4,605	0.01	0.03	0.03	0.27	0.01
Metepec (E)	3	1	3.78	11.3	4.10	4,835	0.01	0.04	0.04	0.29	0.01
Monterrey, Nuevo León (S-C)	7	8	4.82	269.6	4.10	114,974	0.16	0.85	0.86	6.79	0.29
Nuevo Laredo, Tamaulipas (S-C)	3	1	4.82	14.4	4.10	6,159	0.01	0.05	0.05	0.36	0.02
Nuevo Laredo, Tamaulipas (S)	7	4	4.82	134.8	4.10	57,487	0.08	0.43	0.43	3.40	0.14
Puebla (S)	7	6	3.78	158.8	4.10	67,695	0.09	0.50	0.51	4.00	0.17
Queretaro (S)	7	3	5.40	113.4	4.10	48,354	0.07	0.36	0.36	2.86	0.12
Teocalco, Hgo. (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Teotihuacan (S)	6	1	6.82	40.9	4.10	17,435	0.02	0.13	0.13	1.03	0.04
Tepexpan, Edo. de México (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Torreon, Coahuila (S-C)	7	3	4.82	101.1	4.10	43,115	0.06	0.32	0.32	2.55	0.11
Trinidad, Hgo. (S-C)	6	1	4.82	28.9	4.10	12,319	0.02	0.09	0.09	0.73	0.03
Tula, Hgo. (S-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Veracruz, Veracruz (S-C)	7	2	3.8	52.9	4.10	22,565	0.03	0.17	0.17	1.33	0.06
Veracruz, Veracruz (S)	7	8	3.8	211.7	4.10	90,260	0.13	0.67	0.68	5.33	0.23
Apaxco, Edo. de México (E-C)	6	2	4.82	57.8	4.10	24,637	0.03	0.18	0.18	1.46	0.06
Coatzacoalco, Veracruz (S)	7	3	4.3	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Cuatla Morelos (S)	7	2	2.02	28.3	4.10	12,059	0.02	0.09	0.09	0.71	0.03
Guadalajara (E)	7	3	4.3	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Manzanillo (S)	1	2	4.3	8.6	4.10	3,684	0.01	0.03	0.03	0.22	0.01
Metepec (E)	3	1	4.3	12.9	4.10	5,501	0.01	0.04	0.04	0.33	0.01
Mexico Nuevo Laredo (E)	7	6	2.1	88.8	4.10	37,877	0.05	0.28	0.28	2.24	0.09
Nuevo Laredo, Tamaulipas (E)	7	4	2.1	59.2	4.10	25,251	0.04	0.19	0.19	1.49	0.06
Puebla (E)	7	6	4.3	181.4	4.10	77,366	0.11	0.57	0.58	4.57	0.19
Queretaro (E)	7	3	4.32	90.7	4.10	38,683	0.05	0.29	0.29	2.29	0.10
Torreon, Coahuila (E-C)	7	3	2.1	44.4	4.10	18,939	0.03	0.14	0.14	1.12	0.05
Veracruz, Veracruz (E)	7	8	4.3	241.9	4.10	103,155	0.14	0.76	0.77	6.10	0.26
Coatzacoalcos, Veracruz (S-C)	7	6	2.4	100.2	4.10	42,712	0.06	0.32	0.32	2.52	0.11
Puebla (S)	7	6	6.1	257.0	4.10	109,602	0.15	0.81	0.82	6.48	0.27
Veracruz, Veracruz (S-C)	7	2	2.4	33.4	4.10	14,237	0.02	0.11	0.11	0.84	0.04
Veracruz, Veracruz (S)	7	8	6.1	342.7	4.10	146,136	0.20	1.08	1.10	8.64	0.37
Cuatla, Morelos (S-C)	7	2	14.9	208.5	4.10	88,917	0.12	0.66	0.67	5.26	0.22
Cuatla, Morelos (S-C)	7	2	8.9	124.3	4.10	52,995	0.07	0.39	0.40	3.13	0.13

**Tabla A.3.23. Inventario de emisiones [ton/año]
por locomotoras foráneas y de patio que circulan dentro de la ZMVM**

PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
------------------	-----------------	----	-----------------	----

10	54	62	492	19
----	----	----	-----	----

Aeropuerto (operación de aeronaves)

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra ubicado en la zona oriente. El cálculo de emisiones considera los diferentes tipos de aeronaves que operan sobre el área de estudio aplicando el programa FAED⁸ el cual contiene factores de emisión para varios motores de aeronaves y datos correlacionados de motores con aeronaves específicas, los factores y el sistema de cálculo son verificados y ampliados por ICAO⁹, los datos de actividad son proporcionados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

La metodología básica consiste en:

1. Identificar el lugar en dónde está el aeropuerto.
2. Determinar la altura de la capa de mezcla.
3. Determinar la flotilla para cada categoría.
4. Determinar la actividad, como el número de operaciones de vuelo para cada categoría de aeronave.
5. Seleccionar los factores de emisión para cada categoría.
6. Estimar los tiempos en cada etapa de la operación de vuelo para cada categoría.
7. Realizar la base de datos, de acuerdo a la actividad del aeropuerto.

La capa de mezcla, es la parte de la atmósfera donde pueden mezclarse los contaminantes del aire, su base esta sobre la superficie del suelo y puede extenderse hasta determinada altura. Las operaciones de las aeronaves en esta capa de interés están definidas por el número de operaciones de vuelo "NOV". La operación de vuelo comienza cuando la aeronave se aproxima al aeropuerto en su descenso, continua en los rodajes de llegada y salida; por último en el despegue y la elevación.

Los cinco pasos específicos de las operaciones de vuelo son:

- Aproximación
- Rodaje de llegada
- Rodaje de salida
- Despegue
- Elevación

Los contaminantes que aquí se calculan son:

- Hidrocarburos (HC)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Partículas (PM₁₀)

Las aeronaves pueden ser categorizadas de acuerdo a su uso. La aviación comercial incluye aquellos servicios usados para transportar pasajeros, carga o ambos. Los aerotaxis también vuelan como un servicio de carga de pasajeros y/o carga, pero generalmente son más pequeños y operan más que las cargas comerciales.

La aviación general incluye otras aeronaves no militares utilizadas para recreación, para el personal, y otras actividades. Para nuestro propósito (desarrollo del inventario de emisiones), las aeronaves de tipo negocios, están combinadas con la aviación general por ser de tamaño similar y uso frecuente así como sus perfiles de operación. Los aerotaxis son tratados como aviación general,

⁸ FAA AIRCRAFT ENGINE EMISSIONS DATABASE

⁹ Organización Internacional de Aviación Civil

porque típicamente tienen los mismos tipos de aeronaves. La aviación militar cubre una amplia gama de tamaños usos y misiones. Mientras que estos pertenecen a la aviación civil, se manejan separadamente porque operan exclusivamente fuera de bases militares y frecuentemente tienen distintos perfiles de vuelo, tabla A.3.24. La aviación comercial es la fuente más grande de emisiones a la atmósfera, sin embargo se componen de menos de la mitad de todas las aeronaves en operación alrededor del área metropolitana, sus emisiones representan generalmente una gran fracción del total por ser su tamaño y operación frecuente.

Durante un ciclo de vuelo de la aeronave "LTO", esta opera a diferentes períodos de tiempo, dependiendo de su categoría en particular, de las condiciones meteorológicas y las condiciones operacionales dadas en el aeropuerto. En el tiempo en modo "TIM" (utilizado en esta metodología) se toman en consideración estos factores. El tiempo de rodaje, ya sea de la vía a la entrada o viceversa, depende del tiempo y colocación del aeropuerto, de la cantidad de tráfico o congestión y los procedimientos específicos operacionales del aeropuerto. El tiempo de rodaje es el más variable de los modos, puede variar significativamente a través del día (cambios en las actividades generales de viajes principalmente).

El período de despegue, se caracteriza por una operación reguladora, generalmente hasta que la aeronave llega a alcanzar entre 500 y 1000 pies por arriba del nivel del suelo, cuando la potencia del motor es reducida y comienza el modo de elevación, esta transición es standard y no varía mucho de lugar a lugar o entre categorías de aeronaves. Cuando el inventario comienza a realizarse necesitamos saber la composición de la flotilla, la actividad de la aeronave y los tiempos en modo.

Tabla A.3.24. Inventario de emisiones y actividad de aeronaves¹⁰

Tipo de avión	Fabricante	Tipo de motor	Número de motores	Ciclo de operación de vuelo (LTO's)	Emisiones [ton/año]				
					PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
SE 210 CARAVELL	Aerospatiale	JT8D-9	2	7195.00	0.0000	0.0008	115.39	48.50	32.46
A310-300	Airbus	PW4156 (W/OLD COMB.)	2	8734.00	0.0143	0.0049	62.65	227.84	5.03
B707-300B	Boeing	JT3D-3B	4	217.00	0.0000	0.0000	20.04	6.49	21.15
B727-100	Boeing	JT8D-7A	3	20323.00	0.0222	0.0032	496.72	187.64	100.13
B737-300	Boeing	CFM56-3B-2	2	11376.00	0.0060	0.0013	136.24	95.85	7.68
B747	Boeing	PW4X62 PHASE 3	4	1398.00	0.0101	0.0019	49.27	88.71	6.66
B747-200	Boeing	RB211-524D4	4	7396.00	0.0000	0.0088	1121.43	606.88	101.77
B767-200	Boeing	CF6-80A2	2	1253.00	0.0120	0.0006	18.54	29.77	4.16
DC10-30	Mcdonnell Doug	CF6-50C1	3	156.00	0.0045	0.0001	10.10	6.67	3.61
DC9-10	Mcdonnell Doug	JT8D-7A	2	21763.00	0.0222	0.0023	354.61	133.96	97.76
F100	Fokker	TAY MK 620-15	2	13569.00	0.0000	0.0009	120.48	76.37	18.55
IL-86	Ilyushin (Russ)	NK-86	4	69.00	0.0100	0.0001	3.21	1.32	0.46
MD-81	Mcdonnell D oug	JT8D-209	2	64.00	0.0111	0.0000	0.45	0.65	0.13
MD-90-30	Mcdonnell Doug	V2528-D5	2	438.00	0.0000	0.0001	2.35	5.86	0.03
P-550 TURBO	EQUATOR AIRCRFT	PT6A-27	1	20.00	0.0000	0.0000	0.03	0.00	0.02
Total				93971.00	0	0	2,512	1,517	400

Combustión residencial

La emisión de contaminantes por el proceso de combustión de gas LP en casa habitación, se estimó considerando el consumo de energía por usos finales^{11,12} en el calentamiento de agua y cocción de

10 Proyección de actividades a 1998, realizada con información proporcionada por ASA "Aeropuerto y Servicios Auxiliares" para el periodo 92, 93,94, 95, 96, 97.

11 Determinación propia para la ZMVM a partir del procesamiento de las bases de datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994 y 1996. De aquí se establecieron las saturaciones: 99.2% para estufa de gas y 64.1% para calentador o boiler de gas y el hecho de que cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

alimentos, las fugas en instalaciones domésticas en estufas y calentadores; el consumo de gas LP real que entra al proceso de combustión es de 1,355,273 ton, con el dato anterior se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$E(i) = (C_g * FE(i)) / 540$$

Donde:

- E(i): Emisión del contaminante (i) [ton/año]
- C_g: Consumo anual del combustible [ton/año]
- FE(i): Factor de emisión del contaminante (i) [kg/m³] tabla A.3.25
- 540: Factor de conversión

Tabla A.3.25. Factores de emisión [kg/m³] para combustión residencial de gas LP¹³

CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
0.24	1.74	0.064	0.0027	0.054

El siguiente diagrama de procesos (figura A.3.4.) ejemplifica los conceptos involucrados para la estimación de emisión correspondiente al sector residencial por combustión del gas LP.

Figura A.3.4. Diagrama de proceso para la estimación de emisiones por el uso de gas LP en el sector residencial 1998

Ventas Pemex GyPB	Emisión por fugas	Consumo ZMVM	Consumo del sector residencial	Emisiones fugitivas en la ZMVM	Emisiones por combustión		
					Combustión ZMVM	Cocción ZMVM	Calentamiento ZMVM
	Almacenamiento 737						
1,889,211		1,978,301	71% 1,403,623	Fugas por instalaciones domesticas: 17939 Fugas por consumo domestico*: 4234 Fugas por HCNQ: 26177 1,355,273 Consumo real de Gas LP para combustión.	NO _x 4,417 CO 653 SO ₂ 0.25 PM ₁₀ 126 HC 166	= 2,385 = 352 = 0 = 68 = 89	+ 2,032 + 300 + 0 + 58 + 76
	Distribución 10,173						

Consumo de gas LP en ton/año

Emisiones fugitivas en ton/año

* Concidera la emisión por el encendido y apagado de pilotos en estufas y calentadores

12 Friedmann, 1993; Masera et al, 1991; Campero, 1991; De Buen, 1993; Schipper et al 1991; Sheinbaum et al, 1996 y Sheinbaum, 1996.

13 Copilation of Aire Pollutan Emissions Factors, Vol. I, Fifth Edition AP-42, pags. 1.4-3, 1.4-4, 1.4-6; tablas 1.4-1 – 1.4-3, 1.5-2 emissions factors from LPG combustion and emissions factors from natural gas combustion. De EPA-450/4-91-016,

Combustión comercial institucional

La estimación de emisiones considera a todas las pequeñas industrias catalogadas como servicios (baños públicos, tortillerías, panaderías, hoteles, centros deportivos, puestos semifijos entre otros) y que consumen diferentes tipos de combustibles. Se aplica la metodología USEPA¹⁴ para el cálculo de emisiones y los datos de actividad son proporcionados por PEMEX gas y petroquímica básica / gerencia de comercialización zona Valle de México.

Tabla A.3.26. Factores de emisión para la combustión comercial/institucional

Combustible	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀	Unidades
Gas LP	0.24	1.74	0.064	0.0027	0.054	kg/m ³
Gas natural	330	1600	128	9.6	72	kg/10 ⁶ m ³
Gasóleo	0.6	2.4	0.067	36	4.88	kg/m ³
Diesel	0.6	2.4	0.0324	8.52	0.12	kg/m ³

Tabla A.3.27. Consumo de combustibles asociado al sector comercial/institucional

Combustible	Consumo	
Gas natural	27,922	mill. ft ³
Gas LP	297,105	ton
Gasóleo	128,832	m ³
Diesel	0.074	mill m ³

La emisión de contaminantes al aire, derivados del proceso de combustión en el sector residencial/comercial de la Zona Metropolitana del Valle de México, se estimó a través del consumo de combustible tabla A.3.27 y el factor de emisión correspondiente al factor de emisión, con la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = (Fe_{ij} * C_{g,ij}) / 1000$$

Donde

E_i: Emisión total del contaminante (i) asociado al combustible (j) [ton/año]

Fe_{ij}: Factor de emisión del contaminante (i) asociado al combustible (j) [Kg/m³] tabla A.3.26

C_{g,ij}: Consumo de combustible (j) asociado al factor de emisión del contaminante (i) [m³/año] tabla A.3.27

Sustituyendo los valores de las tablas A.3.26 y A.3.27 en la ecuación anterior, se obtuvieron los resultados de la tabla A.3.28.

Tabla A.3.28. Inventario de emisiones [ton/año] por tipo de combustible del sector comercial/institucional

Combustible	CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
Gas natural	261	1,265	101	8	152
Gas LP	143	968	36	0.06	31
Gasóleo	77	309	9	4,638	629
Diesel	44	178	2	630	9

14 Copilation of Aire Pollutan Emissions Factors, Vol. I, Fifth Edition AP-42, pags. 1.4-3, 1.4-4, 1.4-6; tablas 1.4-1 - 1.4-3, 1.5-2 emissions factors from LPG combustion and emissions factors from natural gas combustion. De EPA14 450/4-91-016,

Incendios forestales

Se considera como incendio forestal, aquel evento natural o inducido que se manifiesta en el bosque o contiguo a él y que se propague en forma descontrolada, afectando un mínimo de 1,000 m² de cualquier tipo de vegetación; cuando el daño es menor se le cataloga como incendio incipiente o conato. En el inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, se consideran a todos los incendios¹⁵ forestales, conatos y quemas controladas “para la preparación de terrenos de cultivo” dentro de los límites del área geográfica del Distrito Federal.

Los incendios forestales registren emisiones importantes de NO_x, CO y PM₁₀. Estos pueden ser espontáneos o provocados por el hombre. Merecen particular atención sobre todo por que contribuye a la degradación del suelo y la calidad del aire, para la estima de contaminantes aplica la metodología de USEPA¹⁶ y se define por la ecuación:

$$E_i = P_i \cdot L \cdot A$$

Donde

- E_i: Emisión generada del contaminante i [ton]
- A: Área afectada por el incendio [hectárea] tabla A.3.29
- P_i: Cantidad del contaminante i producido [kg/Mg] tabla A.3.30
- L¹⁷: Biomasa consumida [masa forestal quemada /unidad de área quemada]

Tabla A.3.29. Superficie de vegetación afectada [hectáreas] por incendios forestales en el Distrito Federal, 1998

Delegación	Número de incendios	Tipo de vegetación afectada "campana 1997- 1998"						Total
		Pastizal	Arbusto	Hojarasca	Arbolado adulto	Renuevo	Reforestación	
A. Obregón	19	24	15	1	0	0	0	40
Coyoacán	1	0	4	0	0	0	0	4
Cuajimalpa	27	437	91	19	12	7	14	580
G. A. Madero	69	95	3	0	4	0	11	114
Iztapalapa	33	19	0	0	0	0	2	21
M. Contreras	322	376	260	39	3	14	0	692
Milpa Alta	314	1,129	165	11	0	2	128	1,435
Tláhuac	62	1,619	428	50	7	16	141	2,262
Tlalpan	1,043	2,351	82	21	0	44	22	2,520
Xochimilco	42	48	73	3	4	0	6	134
Total	1,932	6,100	1,121	144	30	82	325	7,802

Tabla A.3.30. Factor de emisión 18 [ton/ton de biomasa]

CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
0.3885	0.01121	0.06602	N/E	0.1242

N/E: No estimado

Tabla A.3.31. Inventario de emisiones por incendios forestales en el DF 1998 [ton/año]

15 Informe final de prevención y combate de incendios forestales 1999-2000 en el Distrito Federal de la Comisión de Recursos Naturales, U.D. Incendios Forestales COREANA-SMA-GDF;

16 Emissions Factors for forest Wildfires, AP-42 pág. 13.1-4 (Reformatted 1/95, 9/91) y considera la región 5 de California como una área similar a la ZMVM en condiciones meteorológicas.

17 El factor del consumo de combustible L, 7.284205 ton/hectárea, Sistema de información de incendios forestales (SEMARNAP-NRC).

18 Factores obtenidos del documento EPA-42, Cap. 13.1-1 Miscellaneous Sources / Wildfires and prescribed burning.

Vegetación	HC	NO _x	CO	PM ₁₀
Pastizal	2933	497	17261	577
Arbusto	539	91	3173	73
Hojarasca	69	12	408	14
Arbolado adulto	15	2	84	2
Renuevo	39	7	231	8
Reforestación	156	26	919	31
Total	3752	637	22078	706

Incendio en estructuras

Los incendios a casa habitación, hoteles, departamentos, comercios etc, conocidos como estructurales son considerados como fuentes de contaminación por combustión, sin embargo a diferencia de muchas otras fuentes de combustión estos son involuntarios. Debido a que la construcción que prevalece en la ZMVM es de mampostería y solo se cuantifica la cantidad de materiales consumido dentro del inmueble siguiendo la metodología USEPA¹⁹, y con los datos proporcionados por el Heroico Cuerpo de Bomberos del Gobierno del Distrito Federal, se determina la emisión de contaminantes por incendio en estructuras.

La siguiente ecuación, permite determinar la emisión de contaminantes asociada a los incendios en estructuras:

$$E_i = I * \%W * (M_{Estruc} + M_{Inmue}) * F(i)$$

Donde

E _i :	La emisión del contaminante generado (i)	[Kg/año]	
F _i :	Factor de emisión del contaminante (i)	[Kg/Mg]	tabla A.3.32
I:	Incendios registrados en el periodo de un año	[1/Año]	tabla A.3.33
%W:	Porcentaje promedio de pérdida estructural	[=]	----
M _{Estruc} :	Material estructural combustible	[Mg]	tabla A.3.34
M _{Inmue} :	Material combustible en el Inmueble.	[Mg]	tabla A.3.34

La pérdida de materiales "combustibles" contenidos en la estructura, es una función de los criterios de mampostería; para que sea afectada la construcción de tabique, concreto y varilla, es necesario que transcurra un tiempo estimado entre 3 y 4 horas en un inmueble y que además este permanezca cerrado (Información obtenida del Heroico Cuerpo de Bomberos), por lo que se empleo el valor establecidos en la metodología del programa de inventarios de emisiones de México, de 7.3% de pérdida estructural.

Tabla A.3.32. Factores de emisión para incendio en estructuras [kg/Mg]

CO	NO _x	HC	SO ₂	PM ₁₀
84	2	6.95	N/E	5.40

N/E. No estimado

Tabla A.3.33. Estadística mensual de incendios en estructuras en el Distrito Federal, 1998

Incendio a	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot
------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

¹⁹ RADIAN INTERNATIONAL LLC, Transmittal of the Area Source Inventory Development Manual for the Mexico Emissions Inventory Methodology Project. pag.11-2, 11-3.

Anexo A

Casa particular	93	74	85	82	111	48	47	48	39	31	39	91	788
Casa vecindad	4	6	2	6	4	0	2	4	4	4	0	8	44
Edificios de departamentos	40	31	32	44	34	21	27	21	17	21	29	47	364
Predio baldío, casas, construcción abandonada	344	448	354	220	221	66	22	9	8	6	31	60	1789
Edificios públicos	3	4	4	3	9	7	4	4	2	2	1	1	44
Comercios	20	19	24	10	25	20	17	12	5	11	21	20	204
Fabricas/industrias	14	10	20	8	10	1	8	5	8	4	7	12	107
Asentamientos irregulares	2	1	4	3	1	0	0	0	0	0	0	2	13
Bancos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Escuelas	6	5	9	5	8	3	2	2	3	4	3	4	54
Hospitales	1	1	2	1	0	1	1	0	1	1	0	1	10
Iglesias	1	2	0	1	0	0	0	1	0	2	1	3	11
Hoteles	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8
Talleres	3	6	5	5	10	4	6	4	2	1	2	7	55
Mercados	4	2	4	4	7	2	1	4	1	1	3	4	37
Reclusorios	0	10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Centros culturales	1	2	1	1	1	0	1	0	2	0	0	1	10
total	536	626	549	394	442	174	139	116	94	89	137	263	3550

Fuente: Dirección del Heroico Cuerpo de Bomberos del D.F.

Tabla A.3.34. Material estructural, área construida y combustible en interiores del inmueble por tipo de incendio

Tipo de incendio	Área construida en promedio (m ²)	Material estructural (Mg)	Combustible en el inmueble (Mg/m ²)
Casa particular	80	0	0.0386
Casa vecindad	30	0	0.0386
Edificios de departamentos	50	0	0.0386
Predio baldío, casas, construcción abandonada	100	0	0.0332
Edificios públicos	600	0	0.0332
Comercios	40	0	0.0332
Fabricas / industrias	500	0	0.0352
Asentamientos irregulares	200	0	0.0322
Bancos	100	0	0.0386
Escuelas	1200	0	0.0386
Hospitales	1500	0	0.0508
Iglesias	240	0	0.3860
Hoteles	480	0	0.0508
Talleres	40	0	0.0332
Mercados	600	0	0.0332
Reclusorios	300	0	0.0332
Centros culturales	80	0	0.0332

Fuente: Valores default U.S., propuestos en el programa de inventarios para México. Excepto el estimado de combustible estructural, el cual no es considerado ya que las construcciones en México es a base de mampostería al 100%.

Sustituyendo valores en la ecuación de estimación de emisiones para incendios en estructuras, se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla A.3.35.

Tabla A.3.35. Inventario de emisiones por incendios estructurales en el DF, 1998

Emisiones [ton/año]				
PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
6.94	N/E	107.90	2.60	8.93

Combustión en Hospitales

El inventario 1998 por este subsector, fue realizado por proyección con datos de inventarios anteriores, por carecer de información sobre el nivel de combustión y de incineración de residuos

hospitalarios; este último, actualmente es realizado a escala industrial en empresas tratadoras de residuos peligrosos infecciosos, por lo que para el presente inventario no será evaluado dentro de las características de fuentes de área, por otra parte se asume que no existe mayor variación en las características de las calderas utilizadas y que el nivel en el consumo de energéticos será directamente proporcional a la demanda en los servicios hospitalarios que a su vez es una función directa del nivel de población de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Se tomara como referencia el inventario de emisiones de 1994, tabla A.3.36.

Tabla A.3.36. Inventario de emisiones para combustión en hospitales, 1994

Emisiones [ton/año]				
PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
8	20	18	74	3

El crecimiento poblacional de 1994 a 1998 fue del 11%, por lo tanto con la siguiente ecuación y sustituyendo los datos necesarios, se estimó la emisión correspondiente al año 1998, tabla A.3.37.

$$E_{i(ae)} = E_{i(ab)} + (E_{i(ab)} * \% C P_{1994-1998})$$

Donde

- $E_{i(ae)}$: Emisión del contaminante (i) al año de estimación [ton/año]
 $E_{i(ab)}$: Emisión del contaminante (i) al año base de emisión [ton/año]
 $\% C P_{1994-1998}$: Crecimiento poblacional en el periodo 1994-1998 [%]

Tabla A.3.37. Inventario de emisiones para combustión en hospitales, 1998

Emisiones [ton/año]				
PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
9	24	21	80	3

A.4. VEGETACIÓN Y SUELOS

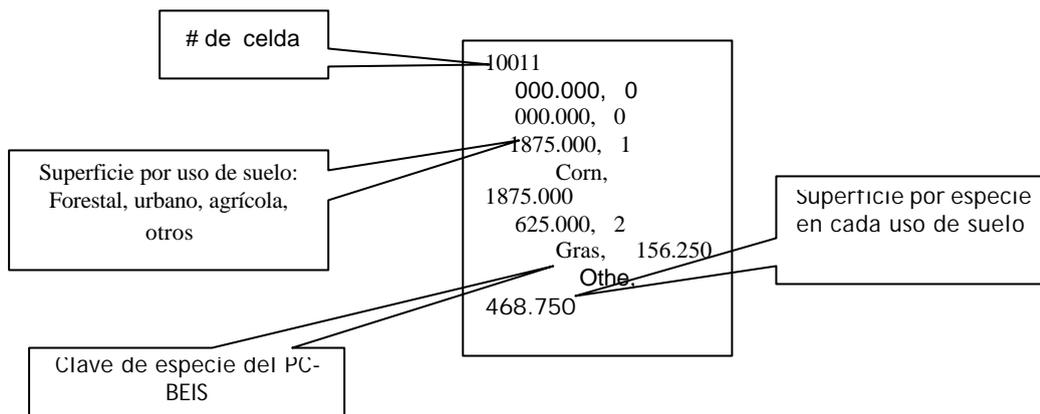
Vegetación

El inventario de emisiones de la vegetación (biogénicas) consiste en determinar la cantidad de emisiones de hidrocarburos originados por la actividad metabólica de la vegetación, así como de los óxidos de nitrógeno producto de los procesos bioquímicos en el suelo. Las estimaciones se realizaron para un área total de 6,407 km².

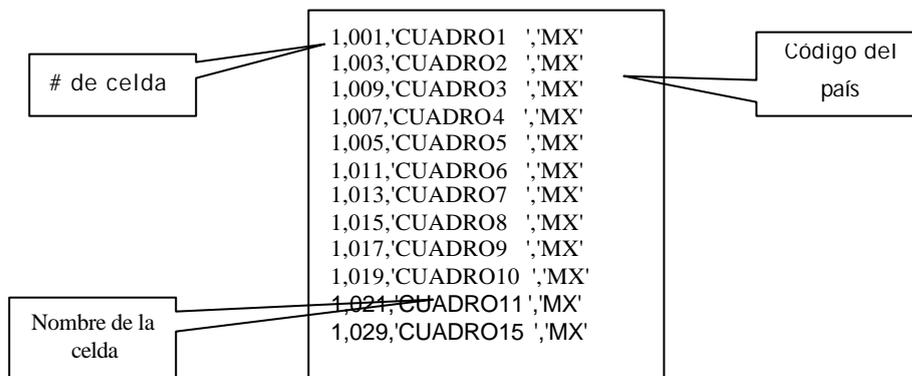
El cálculo se realizó a través del software Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System (PC-BEIS 2.2) con información de los años 1997 y 1998.

Antes de correr el PC-BEIS fue necesario renombrar el archivo ejecutable como "Beis2mx2.exe", además de realizar los siguientes ajustes al programa:

El archivo de uso de suelo que se utilizó (mx_lu.dat) tiene la estructura siguiente:



El archivo que contiene los códigos de lugar o celda a utilizar, llamado originalmente fipscode.dat, se renombra a "fsp.dat" y debe tener la siguiente estructura:



La numeración de las celdas debe ser en números impares.

Una vez realizados los cambios mencionados anteriormente, se proseguirá a describir las actividades necesarias para la obtención de los archivos de entrada del PC-BEIS.

Para el cálculo de las emisiones por vegetación se requiere definir datos: meteorológicos, de uso de suelo y vegetación del área de estudio y factores de emisión de las especies vegetales

Meteorología

Para estructurar los archivos de meteorología se utilizaron las bases de datos proporcionadas por el Servicio Meteorológico de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) y la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

La información meteorológica fue trabajada con asesoría del personal del departamento de Meteorología, para obtener los archivos con la estructura requerida por el PC-BEIS, es decir, temperatura en grados centígrados [°C] y nubosidad en fracción por cada hora de día. El PC-BEIS

además requiere de datos sobre radiación solar (PAR)²⁰, sin embargo si contamos con los datos de nubosidad el PAR no es necesario en el archivo de entrada y puede considerarse como cero.

A continuación se muestra la estructura de un archivo meteorológico:

Hora	Nubosidad	Temp.	PAR
1	0.51	16.04	0.00
2	0.55	15.62	0.00
3	0.56	15.21	0.00
4	0.55	14.80	0.00
5	0.56	14.49	0.00
6	0.54	14.11	0.00
7	0.58	13.83	0.00
8	0.57	13.65	0.00
9	0.55	14.39	0.00
10	0.57	16.10	0.00
11	0.54	18.33	0.00
12	0.51	20.40	0.00
13	0.50	22.06	0.00
14	0.50	23.33	0.00
15	0.49	24.31	0.00
16	0.49	24.73	0.00
17	0.53	23.94	0.00
18	0.47	22.42	0.00
19	0.48	20.88	0.00
20	0.13	19.45	0.00
21	0.19	18.19	0.00
22	0.19	17.45	0.00
23	0.19	16.96	0.00
24	0.19	16.47	0.00

Según el estudio, Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México²¹, el área de estudio presenta tres temporadas climatológicas:

?? Seca-fría.- Noviembre 1997-Febrero 1998

?? Seca-cálida.- Marzo 1998-Mayo 1998

?? Lluviosa.- Junio 1998-Octubre 1998

Con base en ésta caracterización climatológica y las bases de datos meteorológicos se estructuraron los archivo meteorológico para cada temporada en el área de estudio.

Uso de suelo y vegetación

En lo que se refiere a la base de datos de uso de suelo y vegetación se realizó lo siguiente:

El área de dividió en cuatro grandes tipos de uso de suelo con base en la tabla de uso de suelo y vegetación del PC-BEIS.

?? Forestal.- Incluye bosque de coníferas, pino-encino y abeto.

?? Forestal urbano.- Maleza, áreas con 20% de pasto y 20 % de bosque.

?? Agrícola.- Cultivos como alfalfa, papa, avena, maíz, naranjo, manzana, pastura y arroz entre los principales.

?? Otros.- Incluye pastos, cuerpos de agua y diversas especies que por sus características no se pueden clasificar en ninguno de los anteriores usos de suelo.

20 Photosynthetically Active Radiation

21 Ruíz Suarez, L.G., Imaz Gispert M., Montero M.O., Hernández Galicia F., Conde C. Y Castro T., 1994. "Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México". Reporte Técnico para CONSERVA. DF y Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

Tabla A.4.1. Distribución porcentual del uso de suelo del área de estudio por especie y entidad federativa [%]

Uso	Especie	Entidad	
		DF	EdoMex
Forestal	Abie		4.27
	Pinu	0.29	7.74
	Quer	4.66	5.33
	Conf		3.58
	Subtotal	4.95	20.93
Agrícola	Alfa		1.21
	Barl		1.08
	Citr		0.75
	Corn	11.94	21.73
	Maiz		0.45
	Miscp	40.68	24.44
	Oats		0.43
	Past		0.07
	Pean		0.17
	Pota		0.97
	Rice		0.28
	Sorg		0.76
	Whea	0.68	4.31
	Subtotal	53.30	56.65
Urbano	Maleza	12.14	
	Subtotal	12.14	
Otros	Gras	21.46	14.25
	Othe	2.72	6.81
	Wate	5.44	1.36
	Subtotal	29.61	22.42
Total		100.00	100.00

La tabla A.4.1. muestra la superficie por uso de suelo para cada una de las especies vegetales incluidas por entidad.

Con base en ésta distribución de uso de suelo, se realizaron las corridas necesarias en el PC-BEIS por temporada para la Estado de México y Distrito Federal.

Factores de emisión

Para la estimación de las emisiones de HC y NOx, se utilizaron los factores de emisión de las especies vegetales que maneja el PCBEIS 2.2, cuyo listado se muestra en la tabla A.4.2.

A.4.2. Factores de emisión por tipo de especie

Especie	Factores de emisión [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$]			
	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV s	NO _x
Abie	170	5100	2775	4.5
Alfa	19	7.6	11.4	12.8
Barl	7.6	19	11.4	256.7
Citr	42.5	680	693.7	4.5
Conf	1550	1564	1036	4.5
Corn	0.5	0	0	577.6
Gras	56.2	140.5	84.3	57.8
Malu	42.5	42.5	693.7	4.5
Mscp	7.6	19	11.4	12.8
Oats	7.6	19	11.4	256.7
Othe	56.2	140.5	84.3	57.8
Past	56.2	140.5	84.3	57.8
Pea	102	255	153	12.8
Pinu	79.3	2380	1295	4.5
Pota	9.6	24	14.4	192.5
Quer	29750	85	693.7	4.5
Rice	102	255	153	0.2
Scru	37.8	94.5	56.7	57.8
Sorg	7.8	19.5	11.7	577.6
Maleza	408.6	161.9	200.5	12.5
Wate	0	0	0	0
Whea	15	6	9	192.5

A continuación se muestran los valores de las emisiones anuales para cada uno de los contaminantes calculados en el área de estudio, ver tabla A.4.3.

Tabla A.4.3. Inventario de emisiones contaminantes biogénicas por temporada y entidad federativa, 1998

Temporada	Emisiones [ton/año]				
	Isopreno	Monoterpenos	Otros COV s	Total de HC	NO _x
Estado de México					
Seca-fría	768.39	1,419.44	910.84	3,098.67	786.58
Lluvia	2,401.10	2,601.49	1,669.36	6,671.96	1,225.63
Seca-calida	826.14	1,903.72	1,221.61	3,951.47	789.76
Total	3,995.63	5,924.65	3,801.81	13,722.09	2,801.98
Distrito Federal					
Seca-fría	350.20	52.5420	55.82	458.57	113.55
Lluvia	748.69	90.6005	96.25	935.54	173.51
Seca-calida	440.93	54.4787	57.88	553.29	104.33
Total	1,539.82	197.6212	209.95	1,947.39	391.39
ZMVM					
Total	5,535.45	6,122.271	4,011.76	15,669.48	3,193.37