

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	Azcapotzalco	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	Photographs chemicals and film MFG
7	Equipment MFG and assembly		22	Plastics molding and forming
8	Explosives MFG		23	Plastics, resins, synthetic fiber MFG
9	Gum and wood chemicals related oils		24	Porcelain enameling
10	Industrial and commercial laundries		25	Printing and publishing
11	Ink MFG and formulation		26	Pulp and paper mills
12	Inorganic chemicals and forming		27	Rubber MFG and processing
13	Leather 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:

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

Donde

E(i): Emisión del contaminante (i) [ton/año]

FE(i): Factor de emisión del contaminante (i) tabla A.3.21

C_g : Consumo anual del combustible

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

$$C_g = R * NSOP * KRS * 2$$

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	NO _x	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	C _g	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
Cuautla, 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
Cuautla, 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
Torreón, 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
Cuautla 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
Torreón, 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
Cuautla, Morelos (S-C)	7	2	14.9	208.5	4.10	88,917	0.12	0.66	0.67	5.26	0.22
Cuautla, 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 FAEED⁸ 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 flota, 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	Aerospatale	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 CyPB	Emisión por fugas	Consumo ZMVM	Consumo del sector residencial	Emisiones fugitivas en la ZMVM	Emisiones por combustión								
	Almacenamiento 737					Combustión ZMVM			Cocción ZMVM			Calentamiento ZMVM	
						NO _x	4,417	=	2,385	+	2,032		
					Fugas por instalaciones domestica 17939	CO	653	=	352	+	300		
1,989,211		1,978,301	71% 1,403.623		Fugas por consumo domestico* 4234	SO ₂	0.25	=	0	+	0		
					Fugas por HCNQ 26177	PM ₁₀	126	=	68	+	58		
	Distribución 10,173				1,355,273	HC	166	=	89	+	76		
					Consumo real de Gas LP para combustión.								

Consumo de gas LP en ton/año

Emisiones fugitivas en ton/año

* Considera 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:

$$E_{ij} = (Fe_{ij} * Cg_{ij})/1000$$

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

Cg_{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:

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

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 perdida estructural	[=]	---
M _{Estruc} :	Material estructural combustible	[Mg]	tabla A.3.34
M _{Inmue} :	Material combustible en el Inmueble.	[Mg]	tabla A.3.34

La perdida 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.

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	NOx	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

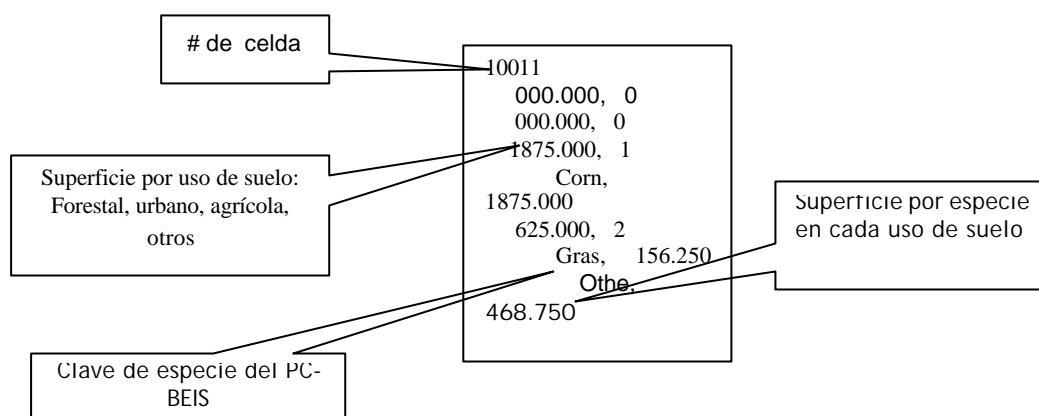
Vegetación

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.

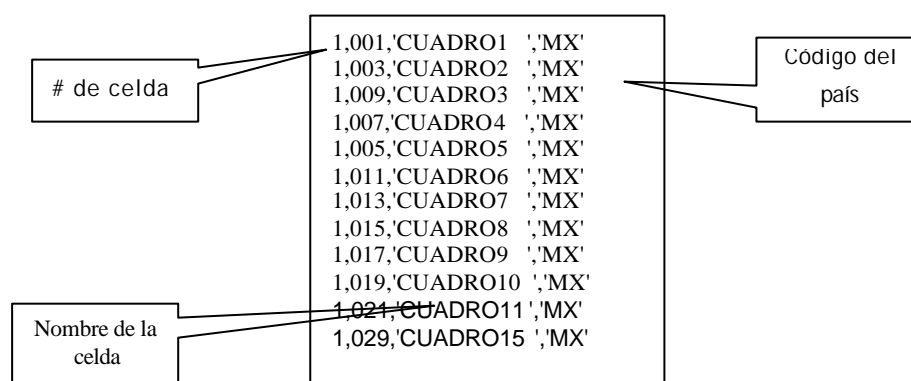
El cálculo se realizó a través del software Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System (PC-BEIS 2.2) con información de los años 1997 y 1998.

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
	Malu		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
Pean	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