

Sustituyendo en la ecuación D.7

$$V_{1999 \text{ en } 2010} = (218,991) (69.48/100) = 152,155$$

El valor así calculado se muestra en la celda sombreada de la tabla D.1.4.7, así mismo se reporta el número de autos por años modelo de los años proyectados (2000, 2006, 2010).

Tabla D.1.4.7. Proyección de autos particulares por año modelo en la ZMVM

Año	2000	2006	2010
1974	128,029	64,797	41,151
1975	30,503	15,438	9,804
1976	30,076	15,222	9,667
1977	24,967	12,511	7,945
1978	31,833	15,857	10,071
1979	43,389	21,808	13,850
1980	58,865	30,210	19,186
1981	72,471	38,345	24,352
1982	70,251	38,631	24,534
1983	42,055	24,441	15,368
1984	50,361	30,989	19,370
1985	61,281	39,532	24,933
1986	60,490	40,606	26,150
1987	42,136	29,264	19,624
1988	59,036	42,230	29,607
1989	90,068	66,112	48,068
1990	120,393	90,412	67,759
1991	147,526	113,064	86,942
1992	171,757	134,061	105,391
1993	165,163	131,060	105,029
1994	158,691	127,828	104,182
1995	95,783	78,221	64,711
1996	65,398	54,085	45,345
1997	118,076	98,792	83,828
1998	189,846	160,563	137,732
1999	205,589	175,631	152,155
2000	222,342	191,732	167,615
2001		208,924	184,172
2002		227,269	201,890
2003		246,830	220,836
2004		267,674	241,081
2005		289,870	262,699
2006		313,491	285,765
2007			310,360
2008			336,569
2009			364,479
2010			394,180
Total	2,556,378	3,435,498	4,266,399

Resto de la flota

Para proyectar el número de vehículos del resto de la flota se utilizaron las estimaciones del crecimiento de la flota reportado por la Secretaría de Energía en el documento "Prospectiva de Mercado de Gas Natural Comprimido 2000-2010", utilizando como base la flota empleada en el inventario 1998 (tabla D.1.4.1.). En la tabla D.1.4.8. se muestran el tipo de vehículo asignado a la clasificación propuesta en el inventario de emisiones 1998, así como los porcentajes a los que se estima crecerá, o disminuirá la flota vehicular.

El número de vehículos de cada categoría para cada año y en cada entidad, ya sea Distrito Federal o Estado de México se calculó de acuerdo a la ecuación D.8.

Tabla D.1.4.8. Tasas de crecimiento vehicular

Tipo de vehículo por fuente		Tasa de crecimiento anual (%)	
Inventario 1998	Secretaría de Energía	DF	EdoMéx
Taxis	Taxis	0	2
Combis	Combis	-6	-6
Microbuses	Microbuses	-6	2
Pick up	Camión de carga no pesados	3	3
Camiones de carga a gasolina	Autobuses	3	0
Vehículos a diesel <3 ton	Autobuses	3	0
Tractocamión diesel	Camión de carga pesados	3	3
Autobuses a diesel	Autobuses	3	0
Vehículos a diesel >3 ton	Camión de carga pesados	3	3
Camiones de carga a gas LP	No reportados	0	0
Motocicletas	No reportados	0	0

Fuente: Prospektiva de Mercado de GNC 2000 - 2010 de la Dirección General de Política y Desarrollo Energético de la Secretaría de Energía, 2000; NR: No reportado.

Nota: Las categorías con una tasa de crecimiento 0, indica que no se contó con datos de las perspectivas de crecimiento de estas categorías, por lo que suponemos constante al año 2010 las flotas vehiculares correspondientes.

$$NU_{ij} = (NU_{(i-1)j}) (1 + TCA_j) \quad \text{Ecuación D.8.}$$

Donde:

NU_{ij} : Número de unidades del año modelo i del tipo de vehículo j

$NU_{(i-1)j}$: Número de unidades del año-modelo inmediato anterior al año-modelo i del tipo de vehículo j

TCA_j : Tasa de crecimiento anual del tipo de vehículo j

Los resultados de los cálculos realizados con la ecuación 8, para estimar el parque vehicular a los años 200, 2006 y 2010 por categoría y entidad, se presentan en la tabla D.1.4.9.

Tabla D.1.4.9. Proyección de la flota vehicular en la ZMVM

Tipo de vehículo	ZMVM		
	2000	2006	2010
Particulares	2,556,378	3,435,498	4,266,399
Taxis	109,654	110,456	111,046
Combis	4,859	3,352	2,617
Microbus	29,727	24,638	22,452
Pick up	356,547	425,736	479,170
Camión gasolina	164,065	195,902	220,490
Vehículo <3 ton diesel	5,021	5,996	6,748
Tractocamión diesel	74,980	89,530	100,767
Autobús diesel	13,067	14,969	16,437
Vehículo >3 ton diesel	96,478	115,200	129,659
Camión a gas LP	29,968	29,968	29,968
Motocicletas	72,704	72,704	72,704
Total	3,513,448	4,523,949	5,458,457

Utilizando la misma distribución por año modelo del inventario de emisiones 1998, (memoria de cálculo, tabla A.2.2), se distribuyó el parque vehicular de cada tipo de vehículo de los años 2000, 2006 y 2010 en las tablas siguientes.

Tabla D.1.4.10. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2000

Año /Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1976 y ant.	188,609	653	49	330	16,053	8,899	1,265	18,472	414	15,562	156	-
1977	24,967	149	22	96	3,100	2,245	153	2,261	121	2,509	85	-
1978	31,833	146	22	94	19,590	2,408	268	3,923	151	3,260	83	-
1979	43,389	126	22	129	19,306	2,192	230	3,390	93	2,559	28	-
1980	58,865	152	24	116	4,831	3,028	268	3,934	78	3,468	98	-
1981	72,471	193	25	151	6,180	4,122	383	5,610	93	4,669	188	-
1982	70,251	252	42	119	7,425	5,839	383	5,632	379	5,250	256	-
1983	42,055	294	93	205	9,837	8,046	77	1,344	241	4,080	827	-
1984	50,361	280	121	198	10,448	7,477	230	3,410	251	4,843	844	-
1985	61,281	167	56	165	5,383	3,030	268	3,916	81	2,987	281	-
1986	60,490	197	90	171	52,606	3,810	498	7,256	237	4,419	457	-
1987	42,136	517	156	256	7,100	6,972	690	10,046	730	6,662	1,286	-
1988	59,036	854	211	368	6,309	5,362	268	3,979	186	3,589	691	-
1989	90,068	1,007	210	443	36,158	4,330	-	27	47	1,101	701	15,483
1990	120,393	1,532	163	600	22,225	4,613	-	39	121	1,747	399	2,701
1991	147,526	2,955	339	2,190	8,936	7,475	38	632	282	3,037	867	3,555
1992	171,757	9,380	487	5,071	9,667	10,783	-	199	1,930	3,360	2,221	3,760
1993	165,163	17,106	654	8,801	12,304	13,364	-	238	2,735	4,756	2,440	4,615
1994	158,691	25,059	1,076	7,933	11,849	14,994	-	184	503	4,889	3,334	7,777
1995	95,783	26,162	528	1,169	11,842	14,012	-	143	531	4,324	2,409	8,121
1996	65,398	12,066	219	353	10,107	9,212	-	112	2,622	2,942	3,103	8,913
1997	118,076	4,122	133	213	6,381	5,646	-	69	366	1,933	2,480	3,672
1998	189,846	1,286	33	141	5,224	2,401	-	31	220	1,037	1,814	2,788
1999	205,589	2,254	28	146	40,931	6,219	-	50	351	1,585	1,980	4,733
2000	222,342	2,745	56	271	12,755	7,586	-	82	303	1,909	2,940	6,587

Anexo D

Total	2,556,378	109,654	4,859	29,727	356,547	164,065	5,021	74,980	13,067	96,478	29,968	72,704
--------------	------------------	----------------	--------------	---------------	----------------	----------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Tabla D.1.4.11. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2006

Año /Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1982 y ant.	252,820	736	34	371	19,169	10,626	1,510	22,057	475	18,582	156	-
1983	24,441	167	15	108	3,702	2,680	183	2,699	137	2,996	85	-
1984	30,989	164	15	106	23,392	2,875	320	4,684	175	3,893	83	-
1985	39,532	142	15	145	23,052	2,617	275	4,048	98	3,056	28	-
1986	40,606	171	16	130	5,769	3,616	320	4,698	85	4,141	98	-
1987	29,264	217	18	170	7,379	4,922	458	6,698	100	5,575	188	-
1988	42,230	284	29	133	8,865	6,972	458	6,725	427	6,269	256	-
1989	66,112	331	64	230	11,746	9,607	92	1,605	272	4,872	827	-
1990	90,412	316	84	222	12,476	8,928	275	4,072	275	5,782	844	-
1991	113,064	188	38	185	6,428	3,618	320	4,676	90	3,567	281	-
1992	134,061	222	62	192	62,814	4,549	595	8,664	272	5,276	457	-
1993	131,060	545	108	284	8,477	8,325	824	11,995	863	7,955	1,286	-
1994	127,828	884	145	409	7,533	6,403	320	4,751	206	4,285	691	-
1995	78,221	1,026	145	475	43,174	5,170	-	33	49	1,315	701	15,483
1996	54,085	1,557	113	562	26,537	5,508	-	47	134	2,086	399	2,701
1997	98,792	2,990	234	1,821	10,670	8,926	46	755	313	3,626	867	3,555
1998	160,563	9,421	336	3,938	11,543	12,876	-	238	2,260	4,012	2,221	3,760
1999	175,631	17,151	451	6,799	14,692	15,958	-	285	3,156	5,679	2,440	4,615
2000	191,732	25,109	742	6,103	14,149	17,903	-	220	558	5,838	3,334	7,777
2001	208,924	26,204	364	1,035	14,140	16,731	-	170	579	5,163	2,409	8,121
2002	227,269	12,105	151	373	12,068	10,999	-	133	3,058	3,513	3,103	8,913
2003	246,830	4,146	92	230	7,619	6,742	-	83	417	2,309	2,480	3,672
2004	267,674	1,304	23	157	6,238	2,866	-	37	242	1,238	1,814	2,788
2005	289,870	2,282	19	160	48,874	7,426	-	59	397	1,893	1,980	4,733
2006	313,491	2,793	38	298	15,230	9,058	-	98	333	2,279	2,940	6,587
Total	3,435,498	110,456	3,352	24,638	425,736	195,902	5,996	89,530	14,969	115,200	29,968	72,704

Tabla D.1.4.12. Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM, 2010

Año/Modelo	AUTG	TAXG	COMG	MICG	PICG	CAMG	V<3D	TRAD	AUTD	V>3D	CGLP	MOTG
1986 y ant.	246,383	796	27	401	21,574	11,960	1,700	24,825	522	20,914	156	-
1987	19,624	181	12	117	4,166	3,017	206	3,038	148	3,372	85	-
1988	29,607	178	12	115	26,327	3,236	361	5,272	194	4,382	83	-
1989	48,068	154	12	157	25,946	2,945	309	4,556	101	3,439	28	-
1990	67,759	185	13	141	6,493	4,070	361	5,287	90	4,660	98	-
1991	86,942	235	14	184	8,305	5,540	515	7,539	105	6,275	188	-
1992	105,391	308	23	144	9,978	7,847	515	7,569	465	7,056	256	-
1993	105,029	358	50	249	13,220	10,813	103	1,806	295	5,483	827	-
1994	104,182	342	65	239	14,042	10,048	309	4,583	293	6,508	844	-
1995	64,711	204	30	200	7,235	4,072	361	5,262	96	4,015	281	-
1996	45,345	241	49	208	70,698	5,120	670	9,752	299	5,938	457	-
1997	83,828	567	84	306	9,541	9,370	927	13,501	966	8,954	1,286	-
1998	137,732	906	113	440	8,478	7,206	361	5,347	221	4,823	691	-

1999	152,155	1,040	113	502	48,593	5,819	-	37	51	1,480	701	15,483
2000	167,615	1,575	88	554	29,868	6,200	-	52	144	2,348	399	2,701
2001	184,172	3,016	183	1,664	12,009	10,046	52	849	336	4,081	867	3,555
2002	201,890	9,451	262	3,417	12,992	14,492	-	268	2,514	4,516	2,221	3,760
2003	220,836	17,185	352	5,874	16,536	17,961	-	320	3,482	6,392	2,440	4,615
2004	241,081	25,146	579	5,256	15,925	20,150	-	248	600	6,571	3,334	7,777
2005	262,699	26,235	285	986	15,915	18,831	-	192	617	5,811	2,409	8,121
2006	285,765	12,134	118	392	13,583	12,380	-	150	3,395	3,953	3,103	8,913
2007	310,360	4,163	72	245	8,575	7,588	-	93	455	2,598	2,480	3,672
2008	336,569	1,316	18	168	7,020	3,226	-	42	259	1,393	1,814	2,788
2009	364,479	2,302	15	172	55,008	8,358	-	67	432	2,130	1,980	4,733
2010	394,180	2,829	30	319	17,141	10,195	-	111	357	2,565	2,940	6,587
Total	4,266,399	111,046	2,617	22,452	479,170	220,490	6,748	100,767	16,437	129,659	29,968	72,704

D.2. METODOLOGÍA Y CÁLCULO DE LAS EMISIONES

D.2.1. Fuentes puntuales

La ecuación básica utilizada para estimar los crecimientos de emisiones fue⁴:

$$E_n = (E_{n-1} * G * C) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.9.}$$

Donde

E_n : Emisiones del año proyectado [ton/año]

E_{n-1} : Emisiones del año inmediato anterior al año a calcular [ton/año]

G: Factor de crecimiento [fracción del porcentaje]

C: Factor de control

El factor de control "C" se deriva de las políticas ambientales para la disminución de contaminantes atmosféricos, requeridos para la regulación y modificación de procesos o tecnología. El aumento de las emisiones de las fuentes puntuales es proporcional al aumento anual del Producto Interno Bruto (PIB) por entidad, para este cálculo se tomó un crecimiento constante anual a partir de 1998 hasta 2010. Las tasas de crecimiento del PIB del sector eléctrico fueron del 0% para el Distrito Federal y del 3.7% para los municipios del Estado de México, para todos los demás sectores incluidos en las fuentes puntuales (industria manufacturera) se consideró un PIB del 4.2% para el Distrito Federal y 4.5% para el Estado de México (tabla D.2.1.1).

Tabla D.2.1.1. Tasa de crecimiento industrial

Fuentes puntuales	Tasa de crecimiento promedio anual 1993-1999		
	Gran divisor	DF	EdoMéx
Generación de energía eléctrica	Electricidad, agua y gas	0.0	3.7
Industria de consumo alimenticio	Industria manufacturera	4.2	4.5

⁴ EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X.

Industria del vestido		
Industria química		
Madera y derivados		
Mineral metálica		
Mineral no metálica		
Productos de consumo varios		
Productos de impresión		
Productos de vida larga		
Productos de vida media		
Productos metálicos		
Productos vegetales y animales		
Otros		

La ecuación utilizada para estimar los crecimientos de las emisiones es⁵:

$$E_n = (E_{n-1} * G * C) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.10.}$$

Donde

E_n : Emisiones industriales del año proyectado [ton/año]

E_{n-1} : Emisiones industriales del año inmediato anterior al año a calcular [ton/año]

G: Factor de crecimiento (PIB)

C: Factor de control

Como no se cuentan con datos del factor de control se asume que no habrá cambios en las condiciones de operación por lo tanto $C = 1$, sustituyendo C en la ecuación D.10 resulta la siguiente ecuación:

$$E_n = (E_{n-1} * G) + E_{n-1} \quad \text{Ecuación D.11.}$$

Los porcentajes de crecimiento considerado por año para la división de industria manufacturera, como para la división electricidad, agua y gas se observan en la tabla D.2.1.2 tanto para el Distrito Federal como para el estado de México.

Tabla D.2.1.2. Tasa de crecimiento promedio anual, 1998-2010

Año	Industria manufacturera		Generación de energía eléctrica	
	DF	EdoMéx	DF	EdoMéx
1998	----	----	----	----
1999-2010	4.2	4.5	0	3.7

A continuación se presenta como ejemplo un cálculo para estimar la generación de PM_{10} en el Distrito Federal utilizando la ecuación D.11.

⁵ EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X

Para el año de 1999

Datos

E_n = Emisión al año de proyección "1999"

E_{n-1} = Emisión del año base "1998" (163.11 ton/año)

G = 4.2%

Sustituyendo los datos en la ecuación D.12.

$$E_{1999} = (163.11 \text{ ton/año} * 0.042) + 163.11 \text{ ton/año} = 169.96 \text{ ton/año.}$$

Para el año de 2000

E_n = Emisión al año de proyección "2000"

E_{n-1} = Emisión del año base "1999" (169.96 ton/año)

G = 4.2%

Sustituyendo los datos en la ecuación D.12.

$$E_{2000} = (169.96 \text{ ton/año} * 0.042 * 1) + 169.96 \text{ ton/año} = 177.098 \text{ ton/año}$$

Los resultados obtenidos de cada uno de los sectores estimados en la Zona Metropolitana del Valle de México para los años proyectados se muestran en las tablas D.2.1.3, D.1.2.4 y D.1.2.5.

Tabla D.2.1.3. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2000

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Generación de energía eléctrica	149	18	1,194	10,248	53
Industria. de consumo alimenticio	561	1,201	435	1,007	452
Industria del vestido	414	2,466	504	1,436	421
Industria química	452	2,501	2,643	1,455	6,874
Madera y derivados	236	2,504	575	1,162	1,092
Mineral metálica	271	778	974	559	317
Mineral no metálica	550	1,853	712	4,988	832
Productos de consumo varios	79	283	85	141	951
Productos de impresión	50	189	73	157	4,046
Productos de vida larga	153	329	896	2,319	2,890
Productos de vida media	130	94	516	679	1,588
Productos metálicos	190	842	1,239	4,836	3,289
Productos vegetales y animales	67	313	38	119	14
Otros	68	187	144	171	3,284
Total	3,369	13,557	10,030	29,276	26,102

Tabla D.2.1.4. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2006

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Generación de energía eléctrica	184	22	1,482	12,706	65
Industria. de consumo alimenticio	726	1,550	562	1,302	579
Industria del vestido	537	3,196	652	1,863	545
Industria química	584	3,223	3,438	1,885	8,911

Madera y derivados	306	3,252	747	1,508	1,413
Mineral metálica	352	1,006	1,264	724	412
Mineral no metálica	712	2,406	925	6,484	1,071
Productos de consumo varios	101	364	108	180	1,226
Productos de impresión	64	242	94	202	5,192
Productos de vida larga	198	427	1,163	3,000	3,732
Productos de vida media	168	122	668	872	2,057
Productos metálicos	244	1,083	1,607	6,285	4,233
Productos vegetales y animales	87	405	49	154	18
Otros	88	241	185	220	4,207
Total	4,352	17,539	12,942	37,386	33,662

Tabla D.2.1.5. Proyección de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM, 2010

Giro	Emisiones [ton/año]				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Generación de energía eléctrica	213	25	1,712	14,670	75
Industria. de consumo alimenticio	862	1,838	665	1,545	683
Industria del vestido	638	3,800	774	2,217	647
Industria química	692	3,817	4,095	2,240	10,595
Madera y derivados	364	3,870	889	1,793	1,677
Mineral metálica	419	1,194	1,504	860	491
Mineral no metálica	846	2,865	1,101	7,724	1,268
Productos de consumo varios	120	430	128	213	1,453
Productos de impresión	76	285	112	238	6,131
Productos de vida larga	235	508	1,384	3,563	4,427
Productos de vida media	199	145	793	1,030	2,444
Productos metálicos	289	1,281	1,910	7,484	5,009
Productos vegetales y animales	103	481	58	183	21
Otros	105	286	218	261	4,963
Total	5,162	20,824	15,343	44,022	39,884

cabe resaltar que para realizar el cálculo y poder utilizar los datos de crecimiento, las industrias se dividieron en dos grandes grupos que son: la gran división cinco de electricidad agua y gas que contiene al giro de generación de energía eléctrica y la gran división tres de la industria manufacturera, que contiene los giros restantes.

D.2.2. Fuentes de área

Para estimar las emisiones de fuentes de área, fue necesario ajustar los factores de actividad de 1998 a los años 2000, 2006 y 2010, mediante los siguientes factores de crecimiento: población; consumo de gasolina, diesel, gas natural, combustóleo, gas LP, número de operaciones de vuelos, entre los principales.

La ecuación utilizada para estimar el crecimiento de las emisiones es⁶:

$$E_{fyp} = E_{fyb} * G * C \quad \text{Ecuación D.12.}$$

Donde

E_{fyp} : Emisión del contaminante (y) de la actividad (f) al año de proyección (p)

E_{fyb} : Emisión del contaminante (y) de la actividad (f) al año base de emisión (b)

G: Factor de crecimiento

C: Factor de control

Por lo tanto, para la realización de la proyección de las emisiones, primero fue necesario crear una línea base que definiera los argumentos anteriores (tabla D.2.2.1).

⁶ EPA, December 1999. Emission Projections, Emission Inventory Improvement Program. Volumen X