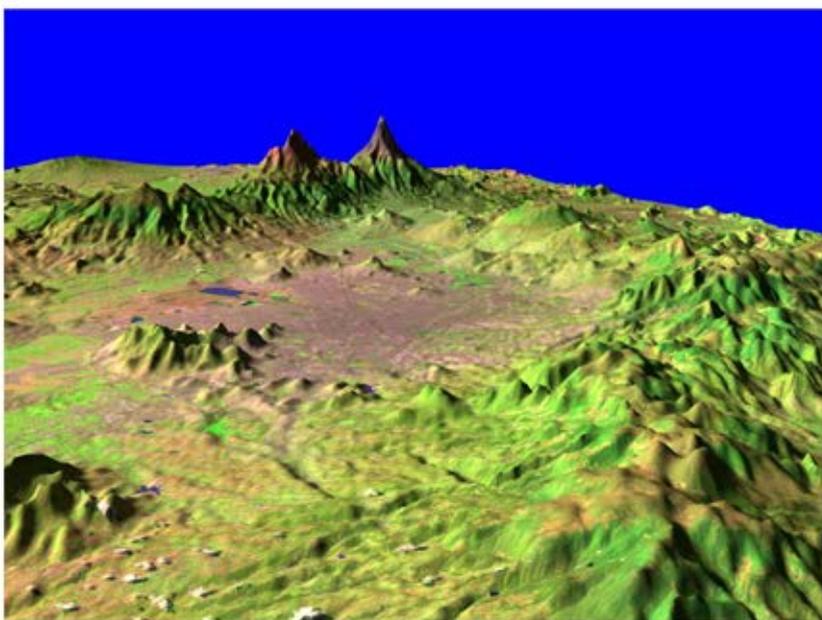


Energía y emisiones de gases de efecto invernadero en México



Ing. Gerardo Bazán Navarrete

Ing. Gerardo Bazán González

Ing. Ramón Muñoz Ledo

Energía y Emisiones de Gases de Efecto
Invernadero en México

2001

Ing. Gerardo Bazán Navarrete

Ing. Gerardo Bazán González

Ing. Ramón Muñoz Ledo

Ilustración de la cubierta: NASA Landsat

Primera edición digital diciembre de 2001

D.R. Todos los derechos reservados 2001

Está prohibida la reproducción total o parcial de la presente obra por medio electrónico, impreso, copia o cualquier otro medio sin permiso del autor

ISBN: 968-5193-02-9

Impreso en México

Ediciones Calíope
www.caliope.com.mx

Contenido

	Página
Agradecimientos	V
Introducción	VI
Capítulo I ÁMBITO GEOGRÁFICO Y ECONÓMICO	1
1. Conformación de la ZMVM	2
2. Geografía	5
3. Población	5
4. Tendencias poblacionales	10
5. Vivienda	11
6. Economía	13
a) Producto Interno Bruto	14
b) Ingreso Per Cápita	15
c) Actividad económica	15
d) Perspectivas	17
7. Medio ambiente y transporte en la ZMVM	18
8. Sistema eléctrico	18
a) Metro	18
b) Trolebús	19
c) Autobuses urbanos	20
d) Taxis	20
e) Taxis, Colectivos (Peseros)	20
9. Transporte y contaminación	21
Capítulo II BALANCE DE ENERGÍA	22
1. Metodología del balance de energía de la ZMVM	23
a) Aspectos generales	23
b) Estructura del balance	25
2. Balance de energía de la ZMVM	30
a) Evolución	30
3. Producción de energía	32
4. Energía enviada y proveniente de otras regiones	34
5. Oferta de energía	35
6. Consumo de energía por sector	37
a) Sector transporte	39
b) Sector industrial	40
c) Sector residencial	41
d) Sector comercial	41
e) Sector público	42
f) Sector agropecuario	42
7. Consumo por energético	43
a) Gas natural	43
b) Gas licuado	47
c) Gasolina	49
d) Combustibles industriales	52
8. Pronósticos	58
a) Modelos	60
b) Caso base	64
c) Pronósticos de la ZMCM	65

Capítulo III EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO	66
A. Generalidades	67
B Situación internacional	70
C. Emisiones de gases con efecto invernadero en México	92
1. Resumen	92
2. Introducción	92
3. Metodología y cálculo de emisiones	94
a) Cálculos de gases con efecto invernadero emitidos	94
b) Proyecciones Nacionales de Emisiones de CO ₂ con un crecimiento específico del Producto Interno Bruto (PIB).	104
c) Emisiones de GEI's en la ZMVM	105
4. Discusión de resultados	111
5. Conclusiones	113
 Bibliografía	114
Anexo 1	115
 B. Situación Internacional	116
 Capítulo IV MITIGACIÓN	120
1. Introducción	121
2. Políticas de mitigación en el consumo de energía	124
3. Implementación de opciones de mitigación	128
4. Comparación de emisiones de GEI's México vs otros países	133
5. Acciones de mitigación en México	135
6. Planeación de acciones de mitigación en México	139
a) Sector de transformación de energía	139
b) Sector industrial	141
c) Sector residencial (desarrollo urbano)	143
d) Sector comunicaciones y transportes	144
7. Modelos para comparar acciones o políticas de mitigación	145
8. Problemas en comparación de opciones de mitigación	146
9. Conclusiones	146
 Bibliografía	147
 Anexo 1 Potencial de energías alternas en centros urbanos de países desarrollados	148

Agradecimientos

El editor desea agradecer a quienes participaron en la elaboración de la presente obra. Al Ing. Maclovio Herrera Rodríguez por su colaboración en la revisión completa y comentarios acertados de esta obra, a la Dra. Alejandrina Salas por su apoyo en la revisión de datos; a la Pas. en R. I. María Esperanza Nava Palma, quien apoyó en la recopilación y revisión del material y a la Lic Nancy del Carmen Oviedo Muro en la corrección de estilo.

Introducción

La contaminación ambiental en las grandes ciudades sigue siendo una de las mayores preocupaciones a nivel mundial. La explosión demográfica, la migración a las grandes ciudades y la deforestación, son otros de los problemas que agravan esta situación.

La Zona Metropolitana del Valle de México, no es la excepción, conforme la mancha urbana se ha extendido, mayores han sido las necesidades que la población demanda satisfacer, como por ejemplo los medios de transporte, el suministro de energía, fuentes de empleo, vivienda, etcétera. Al satisfacer dichas necesidades, muchas veces no se toman en cuenta el daño que se puede provocar al medio ambiente.

Es pues necesario medir el impacto de dichas actividades, ya que al conocerlo se podrán tomar mejores decisiones para enfrentar los retos que el nuevo milenio traerá.

El presente trabajo busca que el lector tenga un panorama de la problemática ambiental que vive la Zona Metropolitana del Valle de México, en especial el lo relacionado con la emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales están afectando de manera importante la capa de ozono en la atmósfera.

El material que se encuentra dividido en cuatro capítulos: ámbito geográfico y económico; balance de energía; emisiones de gases con efecto invernadero en México y mitigación; va dirigido a expertos y público en general, interesados en conocer más acerca de la situación actual de la ZMVM.

Capítulo I

ÁMBITO GEOGRÁFICO Y ECONÓMICO

Capítulo I

ÁMBITO GEOGRÁFICO Y ECONÓMICO

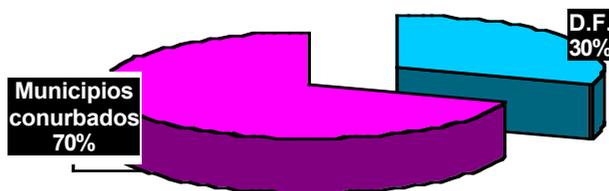
1. Conformación de la ZMVM

La conformación de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ha variado con el tiempo. En 1940 contaba tan sólo con 10 delegaciones; en 1950 se incorporó una delegación más y el primer municipio del Estado de México; en 1960 la región contaba con 14 delegaciones y cuatro municipios; en 1970 se integró una delegación más y siete municipios; en 1980 existían 16 delegaciones y 18 municipios; en 1990 se integraron nueve municipios más; y en 1995 se constituyó la Zona Metropolitana con 16 delegaciones y 34 municipios conurbados.

Actualmente, el programa de ordenamiento de la ZMVM, publicado en 1999 por el Gobierno del Distrito Federal, (GDF) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) considera como Zona Metropolitana a 16 delegaciones pertenecientes al Distrito Federal, a 59 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo, con una extensión de casi 800 mil hectáreas. Cabe mencionar que existen 26 municipios sin conurbar.

La ZMVM definida por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO), incluye las 16 delegaciones que conforman el D. F., con una extensión de 149 hectáreas y 37 municipios conurbados, con una extensión de 341 hectáreas, que en su conjunto suman 490 hectáreas.

Gráfica 1
Porcentaje de la extensión territorial ZMVM



En el presente libro se denomina como ZMVM, a las 16 delegaciones del Distrito Federal y a 18 municipios del Estado de México, ya que esta configuración es la considerada por la normatividad de control de emisiones.

Cuadro 1
Delegaciones del Distrito Federal y
18 Municipios del Estado de México

DELEGACIONES	
1. Alvaro Obregón	9. Iztapalapa
2. Azcapotzalco	10. M. Contreras
3. Benito Juárez	11. Miguel Hidalgo
4. Coyoacán	12. Milpa Alta
5. Cuauhtémoc	13. Tláhuac
6. Cuajimalpa	14. Tlalpan
7. Gustavo A. Madero	15. Venustiano Carranza
8. Iztacalco	16. Xochimilco
MUNICIPIOS	
1. Atizapán de Zaragoza	10. Ixtapaluca
2. Coacalco de Berriozabal	11. Naucalpan de Juárez
3. Cuautitlán	12. Nezahualcóyotl
4. Cuautitlán Izcalli	13. Nicolás Romero
5. Chalco	14. La Paz
6. Chicoloapan	15. Tecamac
7. Chimalhuacán	16. Tlalnepantla de Baz
8. Ecatepec	17. Tultitlán
9. Huixquilucan	18. Valle de Chalco

Fuente. Elaboración propia.

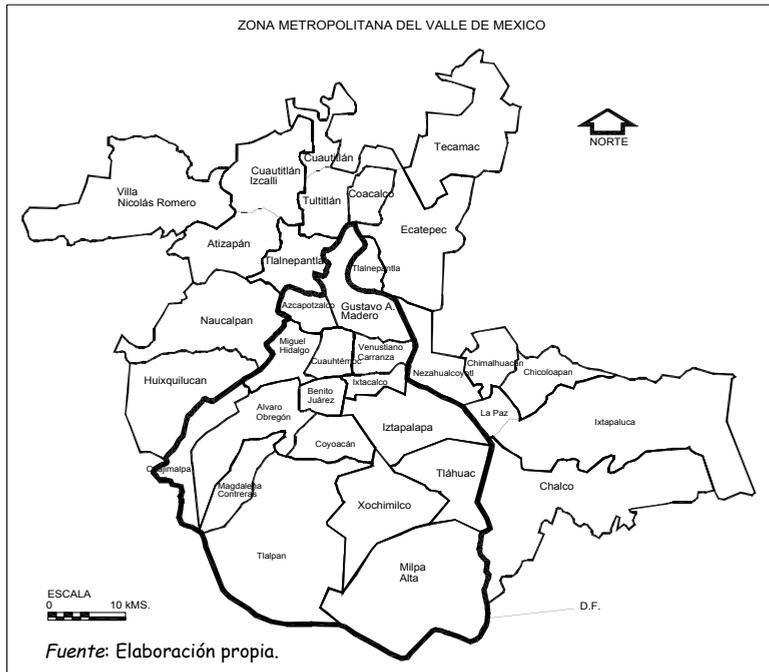


Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de México.

En la región se concentra gran parte de la actividad económica del país, aquí se genera cerca del 31 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) y se consume alrededor del 15 por ciento de la energía utilizada en todo el país. El territorio que ocupa la ZMVM representa el 0.3 por ciento del territorio nacional y en ella habita poco más del 18 por ciento del total de la población del país.

Los cambios más importantes en el modelo de desarrollo del país se produjeron en la década de los años cincuenta, incidiendo en los patrones de crecimiento poblacional. La política económica aplicada entonces favoreció en gran medida a la Ciudad de México ubicándola como el principal polo de desarrollo industrial del país, a través de estímulos fiscales y de subsidios al consumo de los energéticos. Esto provocó que en las décadas siguientes la mayoría de los flujos migratorios se dirigieran hacia ésta zona.

De 1940 a la fecha, el territorio que ocupa la zona urbana ha aumentado en más de 4 000 km², al pasar de 576 a 4,902 km². De continuar esta tendencia, se espera que en pocos años estarán conurbados municipios de los Estados de Tlaxcala, Puebla y Morelos.

2. Geografía

Debido a sus condiciones topográficas, climatológicas y de ubicación urbana, la ZMVM es altamente sensible a la contaminación, ya que se encuentra limitada por montañas que no permiten una fluida dispersión de los contaminantes. Estas condiciones, aunadas a los altos niveles de concentración originados por una gran densidad demográfica, vehicular e industrial, agravan aun más los problemas por contaminación.

Debido a su ubicación en el centro del país, el Valle de México es afectado la mayor parte del año por sistemas anticiclónicos tropicales, lo que provoca que no se presenten fuertes cambios en las condiciones de la atmósfera y que se tenga una baja calidad del aire.

Los sistemas de alta presión, sobre todo en temporada seca, agudizan el problema de la calidad del aire al nivel de la superficie, ya que estos sistemas desplazan al aire frío provocando la formación de inversiones térmicas. Asimismo, la altitud del Valle de México, 2 240 metros sobre el nivel del mar, provoca procesos de combustión interna deficientes, creando así mayor cantidad de contaminantes. Debido a que la zona se sitúa en la latitud 19°N, la radiación solar es intensa todo el año, lo que activa la formación de *smog* fotoquímico, cuyo principal contaminante es el ozono.

Normalmente, en el Valle de México, los mayores niveles de precipitación se presentan en las zonas montañosas y los más bajos en la zona noreste, mientras que la humedad relativa es más alta en las áreas periféricas. La diferencia de temperatura entre campo y ciudad llega a ser de 5° C. Dentro de la zona urbana se originan alteraciones significativas en la temperatura, con cambios bruscos de un lugar a otro y se generan islas de calor propiciadas por la gran cantidad de motores en funcionamiento y por el calentamiento de la capa asfáltica.

3. Población

Entre los diferentes factores que han influido en el crecimiento de la población de la ZMVM destacan los siguientes:

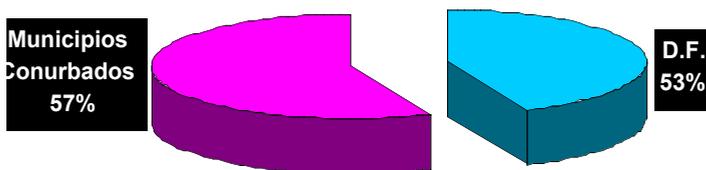
- Concentración de la actividad económica.
- Migración del campo hacia la ciudad.
- Expansión física de la región.
- Expansión del sistema de transporte urbano.

Entre 1940 y 1960, el crecimiento de la población de la ZMVM mostró su mayor dinamismo al registrar una tasa anual superior al seis por ciento, que se compara con la nacional que fue inferior al tres por ciento. A partir de los años 60, la tasa de crecimiento poblacional de la región empieza a reducirse debido a una menor tasa de natalidad y de migración.

De 1995 a 2000, la tasa de crecimiento de la región registra una baja al ubicarse en 1.96 por ciento anual, con un crecimiento promedio de 0.54 por ciento en el D. F. y del 3.31 por ciento en los municipios conurbados. Los municipios de Chimalhuacán y Chalco crecieron a tasas anuales promedio muy elevadas (9.8% y 9.2%, respectivamente). A pesar de la baja en el ritmo de crecimiento, la concentración de población en la ZMVM continuó y en 2000 la densidad poblacional fue de 4,931 habitantes por Km².

Las 16 Delegaciones del D.F. y los 18 municipios del Edo. de México considerados en el presente libro contaron en 2000 con 16 950 781 habitantes, 8,591,309 distribuidos en las Delegaciones y 8 359,472 en los municipios, con una extensión de total 3437 km², de las cuales corresponden al D.F. 1 489.9 km² y 1 947.2 km² a los municipios.

Gráfica 2
Porcentaje de la extensión territorial



Como puede observarse, si bien en 1995 el DF concentraba al 52.8 por ciento de la población total de la zona, contra el 47.2 por ciento de los municipios conurbados, los datos correspondientes a 2000 indican una tendencia hacia una situación inversa, al conformar la población del DF el 50.7 por ciento contra el 49.3 por ciento en los municipios conurbados. Esta tendencia puede atribuirse al estancamiento de la tasa de crecimiento de la población del DF (0.23% en el período) junto con un mayor dinamismo poblacional en la zona conurbada (5.66%), lo que refleja, por una parte, el fenómeno migratorio de la población del DF hacia el área conurbada o estados vecinos, junto con una mayor recepción de inmigrantes de las zonas conurbadas.

En algunas delegaciones del DF aun se observan tasas de crecimiento superiores al promedio de la región, como es el caso de Milpa Alta (3.60%), Tláhuac (3.40%), Xochimilco (2.11%) y Cuajimalpa (2.00%) lo que indica que ha habido una redistribución de la población al interior del DF, ya que gran parte de las otras delegaciones muestran un decrecimiento poblacional. Las delegaciones que en los últimos años eran altamente pobladas (como Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Iztacalco e Iztapalapa) hoy en día se ven rebasadas por las delegaciones que en su mayor superficie correspondía a reserva ecológica (Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac, Milpa Alta y Álvaro Obregón). En la zona conurbada, a excepción de los municipios de Nezahualcóyotl (-0.50%) y Tlalnepantla (0.53%), todos los municipios muestran tasas de crecimiento poblacional muy superiores al promedio regional, destacando los municipios de Chalco (15.85%), Chimalhuacán (15.13%), Ixtapaluca (19.97%), Tultitlán (11.90%) y Valle de Chalco Solidaridad (10.28%), lo que indica, además de la redistribución de la población de la ZMVM, una elevada recepción de flujos migratorios de otras regiones del país.

En referencia a la densidad de población, el promedio de la zona muestra una tendencia a la alza. En el periodo 1995-2000 la densidad total de población en la ZMVM pasó de 4,675 a 4,931 habitantes/km², mientras que las cifras correspondientes al Distrito Federal pasaron de 5,698 a 5,766 hab/km² durante el período.

Si bien, la densidad de población es mayor en el Distrito Federal, este indicador ha crecido mucho más rápido en los municipios conurbados, al pasar de 3,260 a 4,293 hab/km², en el periodo referido.

En la zona conurbada a nivel municipal, se observa una drástica variación, en algunos casos cercana o superior al 100 por ciento, de la densidad poblacional entre 1995 y 2000, en municipios como Chimalhuacán (2.3%), Chalco (8.3%), Ixtapaluca (48.6%), Tultitlán (75.4 %) y Valle de Chalco Solidaridad (63.1%). Esta situación adquiere una mayor relevancia si se considera que, a excepción de Chalco e Ixtapaluca, cuya densidad poblacional es inferior a 1 000 hab/km², los otros municipios mencionados tienen una densidad poblacional que oscila entre los 5,000 y 9,000 hab/km², con lo que sobrepasan el promedio de la ZMVM, por lo que pueden ser indicativos de una tendencia hacia la sobrepoblación en el futuro.

Cuadro 2
ZMVM. Indicadores Poblacionales y Territoriales,
1995-2000

Delegación/ Municipio	Población				TMCA (%)	Superficie		Densidad poblacional (hab/km2)	
	1995 (hab)	1995 (%)	2000	2000 (%)		Km2	%	1995	2000
DF+18 Mun.	16,067,341	100.0	16,950,781	1000	0.07	3437.0	100.0	4,675	4,931
D.F.	8,489,007	52.8	8,591,309	50.7	0.23	1489.8	43.3	5,698	5,766
A. Obregón	676,930	4.2	658,327	3.8	-0.56	77.2	2.2	8,769	8,527
Azcapotzalco	455,131	2.8	440,558	2.5	-0.65	33.3	1.0	13,668	13,229
Benito Juárez	369,956	2.3	359,334	2.1	-0.58	26.6	0.8	13,908	13,508
Coyoacán	653,489	4.1	639,021	3.7	-0.44	53.9	1.6	12,124	11,855
Cuajimalpa	136,873	0.9	151,127	0.9	2.00	80.9	2.3	1,692	1,868
Cuauhtémoc	540,382	3.4	515,132	3.0	-0.96	32.4	0.9	16,678	15,899
G. A. Madero	1,256,913	7.8	1,233,922	7.2	-0.37	86.6	2.5	14,514	14,248
Iztacalco	418,982	2.6	410,717	2.4	-0.40	22.9	0.7	18,296	17,935
Iztapalapa	1,696,609	10.6	1,771,673	10.4	-0.86	115.1	3.3	14,740	15,392
M. Contreras	211,898	1.3	221,762	1.3	-0.91	75.4	2.2	2,810	2,941
M. Hidalgo	364,398	2.2	351,846	2.0	-0.70	46.4	1.3	7,853	7,582
Milpa Alta	81,102	0.5	96,744	0.5	3.60	283.7	8.2	286	341
Tláhuac	255,891	1.6	302,438	1.7	3.40	91.8	2.7	2,787	3,294
Tlalpan	552,516	3.4	580,776	3.4	1.00	305.0	8.9	1,812	1,904
V. Carranza	485,623	3.0	462,089	2.7	-0.99	33.4	1.0	14,540	13,835
Xochimilco	332,314	2.1	368,798	2.1	2.11	125.2	3.6	2,654	2,945
Municipios C.	6,346,934	47.2	8,359,472	49.3	5.66	1947.2	56.7	3,260	4,293
Atizapán de Z.	315,192	1.01	467,262	2.7	8.19	89.9	2.6	3,506	5,197
Coacalco	152,082	0.94	252,270	1.4	10.65	35.5	1.0	4,284	7,106
Cuautitlán	48,858	0.30	75,831	0.4	9.19	37.3	1.1	1,310	2,033
Cuautitlán I.	326,750	2.0	452,976	2.6	6.75	109.9	3.2	2,973	4,121
Chalco	106,450	0.66	222,201	1.3	15.85	234.7	6.8	454	946
Chicoloapan	57,306	0.35	77,506	0.4	6.22	60.9	1.8	941	1,272
Chimalhuacán	242,317	1.5	490,245	2.8	15.13	46.6	1.3	5,200	10,520
Ecatepec	1,218,135	7.6	1,620,303	9.5	5.87	155.5	4.5	7,834	10,419
Huixquilucan	131,926	0.82	193,156	1.1	7.92	143.5	4.2	919	1,346
Ixtapaluca	117,927	0.73	293,160	1.7	19.97	315.1	9.2	374	930
La Paz	132,610	0.82	213,045	1.2	9.95	27.0	0.8	4911	7,890
Naucalpan	786,551	4.8	857,511	5.0	1.74	149.9	4.4	5247	5,720
Nezahualcóyotl	1,256,115	7.8	1,224,924	7.2	-0.50	63.4	1.8	19,813	19,320
N. Romero	184,134	1.1	269,393	1.5	9.34	233.5	6.8	789	1,153
Tecámac	123,218	0.76	172,410	1.0	6.95	153.4	4.5	803	1,123
Tlalnepantla	702,807	4.3	721,755	4.2	0.53	83.5	2.4	8,417	8,643
Tultitlán	246,464	1.5	432,411	2.5	11.90	71.1	2.1	3,466	6,081
V. de Chalco	198,092	1.2	323,113	1.9	10.28	46.4	1.3	4,269	6,963

Fuente. INEGI, con base en XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Resultados Preliminares 2000.

Cuadro 3
ZMVM: Evolución de la Integración de la Región
1940-2000

	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000
Población (miles)	1,645	2,952	5,093	8,623	13,761	15,048	16,784	16,886
Superficie (km ²)	576.6	785.4	1,557.0	2,127.1	3,540.2	4,666	4,902.3	4,902.3
Delegaciones	10	11	14	15	16	16	16	16
Municipios	0	1	4	11	18	27	34	34
Delegaciones	1. Cuauhtémoc	11. Iztapalapa	12. Cuajimalpa	15. Tláhuac	16. Milpa Alta			
	2. M. Hidalgo		13. Tlalpan					
	3. B. Juárez		14. Xochimilco					
	4. V. Carranza							
	5. Azcapotzalco							
	6. Coyoacán							
	7. G. A. Madero							
	8. Iztacalco							
	9. A. Obregón							
	10. M. Contreras							
Municipios		1. Tlalnepantla	2. Naucalpan	5. Ecatepec	12. Chalco		19. Acolman	28. Papalotla
			3. Atizapán	6. Nezahualcóyotl	13. Chicoloapan		20. Texcoco	29. Teotihuacán
			4. Chimalhuacán	7. La Paz	14. Ixtapaluca		21. Atenco	30. Tepetlaoxtoc
				8. Cuautitlán	15. N. Romero		22. Jaltenco	31. Tezoyuca
				9. Tultitlán	16. Tecámac		23. MÓcampo	32. V. Chalco S.
				10. Coacalco	17. Tepotzotlán		24. Nextlalpan	33. Chiautla
				11. Huixquilucan	18. Cuautitlán I.		25. Teoloyucan	34. Chinconcuac
							26. Tultepec	
							27. Zumpango	

Fuente. Anuario de Medio Ambiente del Gobierno del D.F.

4. Tendencias poblacionales

Se espera que la población del D.F. aumente 3.3 por ciento al pasar de 8.6 millones de personas en el año 2000 a 9 millones de personas en el año 2010, crecimiento inferior al nacional que se espera sea superior al 12 por ciento al pasar éste de 97.4 millones en el año 2000 a 111.6 millones en el año 2010. Actualmente el 50 por ciento de la población se concentra en cuatro delegaciones: Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón y Coyoacán. Se estima que para el año 2010 Iztapalapa se convertirá en la delegación con la mayor población con un millón 830 mil 941 habitantes y las delegaciones con menor población serán Cuajimalpa, Milpa Alta, Magdalena Contreras, Benito Juárez y Tláhuac.

En cuanto a los 18 municipios del Estado de México, al año 2000 la población es de 8,359,472 habitantes, continuando la preferencia a concentrarse en localidades urbanas. Al año 2010, se estima un crecimiento de la población del 17.7 por ciento, nivel 5 por ciento superior al esperado para todo el país. Se estima que el municipio de Ecatepec tendrá el mayor número de pobladores, seguido de Nezahualcóyotl, Naucalpan y Atizapán. Los municipios con menos habitantes serán Cuautitlán, Chicoloapan, Tecamac y Huixquilucan.

Se espera que la población de la ZMVM aumente de 16,950,781 a 18,609,232 habitantes del año 2000 al 2010. Para el año 2020 la población superará los 20 millones de habitantes, lo que representa un crecimiento del 19 por ciento del año 2000 hasta el 2020.

Se estima que en año 2020, las zonas más pobladas serán las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero, y los municipios de Ecatepec, Nezahualcoyotl y Naucalpan. En ellas se concentrará cerca del 38 por ciento de la población de la ZMVM. Adicionalmente, la Zona Metropolitana de Toluca muestra una marcada tendencia a constituirse como uno de los principales polos de atracción poblacional.

Cuadro 4
ZMVM: Estimación de la Población al 2020

Delegación/Municipio	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Total ZMVM	5,909,000	12,333,833	14,582,680	16,950,781	18,609,232	20,094,124
Distrito Federal	4,027,000	8,029,498	8,235,744	8,591,309	9,084,026	9,330,296
Álvaro Obregón	466,000	570,384	642,753	658,327	749,513	769,832
Azcapotzalco	549,000	557,427	474,688	440,558	444,536	456,587
Benito Juárez		480,741	407,811	359,334	351,922	361,463
Coyoacán	347,000	541,328	640,066	639,021	692,501	711,275
Cuajimalpa	39,000	84,665	119,669	151,127	170,289	174,906
Cuauhtémoc		734,277	595,960	515,132	493,023	506,389
Gustavo A. Madero	1,205,000	1,384,431	1,268,068	1,233,922	1,277,409	1,312,040
Iztacalco	488,000	523,971	448,322	410,717	412,767	423,957
Iztapalapa	539,000	1,149,411	1,490,499	1,771,673	1,830,941	1,880,578
Magdalena Contreras	77,000	159,564	195,041	221,762	245,152	251,798
Miguel Hidalgo		501,334	406,868	351,846	332,462	341,475
Milpa Alta		47,417	63,654	96,744	106,012	108,886
Tláhuac	63,000	133,589	206,700	302,438	356,033	365,685
Tlalpan	135,000	328,800	484,866	580,776	683,806	702,344
Venustiano Carranza		634,340	519,628	462,089	481,834	494,897
Xochimilco	119,000	197,819	271,151	368,798	455,826	468,184
Municipios	1,882,000	4,304,335	6,346,936	8,359,472	9,525,206	10,763,828
Atizapán de Zaragoza	45,000	177,532	315,192	467,262	755,386	853,614
Coacalco	14,000	85,456	152,082	252,270	356,064	402,365
Cuautitlán	42,000	34,697	48,858	75,831	75,423	85,231
Cuautitlán Izcalli		152,520	326,750	452,976	653,534	738,517
Chalco		68,813	282,940	222,201	310,972	351,410
Chicoloapan		24,011	57,306	77,506	105,789	119,545
Chimalhuacán	20,000	54,262	242,317	490,245	545,125	616,011
Ecatepec	221,000	688,637	1,218,135	1,620,303	1,768,719	1,998,717
Huixquilucan	34,000	68,599	131,926	193,156	261,935	295,996
Ixtapaluca		68,347	137,357	293,160	332,531	375,772
La Paz	33,000	87,284	134,784	213,045	310,844	351,265
Naucalpan de Juárez	392,000	640,940	786,551	857,511	907,696	1,025,729
Nezahualcóyotl	651,000	1,177,325	1,256,115	1,224,924	1,201,001	1,357,175
Nicolás Romero		98,879	184,134	269,393	376,506	425,465
Tecámac		73,848	123,218	172,410	205,634	232,374
Tlalnepantla de Baz	377,000	683,077	702,807	721,755	717,694	811,020
Tultitlán	53,000	120,108	246,464	432,411	640,353	723,622
Valle de Chalco				323,113	508,607	574,744

Fuente. Nacional Financiera. El Mercado de Valores, abril de 2000.

5. Vivienda

En la ZMVM, la mayoría de las viviendas cuentan con agua entubada y electricidad. En el Distrito Federal el porcentaje de hogares que cuentan con agua entubada supera al de los municipios conurbados, al registrar una cifra del 97.6 por ciento que se compara contra 95.8 por ciento de los municipios. Sin embargo, en los municipios conurbados existe un mayor grado de electrificación ya que casi el 100 por ciento de los hogares cuentan con el servicio, mientras que en el D.F. la electrificación alcanza el 97.5 por ciento.

En cuanto al servicio de agua entubada en la zona, los mayores rezagos se presentan en las delegaciones de Milpa Alta y Tlalpan, y en los municipios de Chimalhuacán, La Paz y Nicolás Romero.

En 2000, el Distrito Federal contó con casi 2,133 millones de viviendas ocupadas, registrando un promedio de 4.01 ocupantes por vivienda, en tanto para los municipios conurbados alcanzó casi 1,870 millones de vivienda y con un promedio del 4.43 de ocupantes por vivienda. Cabe mencionar que el promedio de ocupantes por vivienda en el D.F. se ha reducido en el periodo de 1980 a 2000. Las delegaciones con una mayor cantidad de viviendas ocupadas son Iztapalapa y Gustavo A. Madero, mientras que las que tienen menos son Milpa Alta y Cuajimalpa.

El incremento en la cantidad de viviendas ocupadas registrado de 1980 a 2000 ha permitido que el promedio de ocupantes por vivienda en el Distrito Federal haya disminuido de 4.6 a 4.01 en el periodo referido, destacando las bajas en Cuajimalpa, Tláhuac, Magdalena Contreras, Gustavo A. Madero y Tlalpan.

Cuadro 5
Distrito Federal: Total de viviendas particulares
habitadas y promedio de ocupantes
1990 1995 y 2000

Delegación	Viviendas	Ocupantes			Promedio Ocupantes		
	2000	1990	1995	2000	1990	1995	2000
Azcapotzalco	110,692	472,412	454,369	439,810	4.6	4.2	4.0
Coyoacán	164,878	634,447	651,455	637,042	4.5	4.1	3.9
Cuajimalpa	34,056	119,577	136,799	151,079	5.1	4.6	4.4
G. A. Madero	298,025	1,260,343	1,251,514	1,223,823	4.8	4.3	4.1
Iztacalco	99,717	447,951	418,697	410,055	4.8	4.4	4.1
Iztapalapa	407,439	1,480,171	1,690,877	1,763,489	5.0	4.6	4.3
M. Contreras	52,956	194,167	211,526	221,116	4.8	4.3	4.2
Milpa Alta	21,559	63,370	81,102	96,744	5.2	4.7	4.4
A. Obregón	165,099	639,071	675,670	683,677	4.8	4.3	4.1
Tláhuac	70,494	205,875	255,569	302,273	5.2	4.6	4.2
Tlalpan	142,050	475,141	547,910	574,737	4.6	4.2	4.1
Xochimilco	83,406	268,136	330,535	364,749	5.1	4.5	4.3
Benito Juárez	115,879	401,350	368,183	357,889	3.5	3.3	3.1
Cuauhtémoc	150,106	584,300	537,963	512,951	3.7	3.6	3.4
Miguel Hidalgo	96,641	400,104	361,464	348,863	4.1	3.8	3.6
V. Carranza	118,369	517,546	485,459	461,992	4.4	4.1	3.9
Distrito Federal	2,133,366	8,163,961	8,459,092	8,550,289	4.6	4.2	4.0

Fuente. INEGI, con base en XII Censo General de Población y Vivienda 2000, México 2001, Resultados Preliminares 2000.

Cuadro 5 b
Municipios: Total de Viviendas Particulares Habitadas y
Promedio de Ocupantes
 2000

<i>Municipios</i>	<i>Viviendas</i>	<i>Ocupantes</i>	<i>Promedio ocupantes</i>
	2000		
Atizapán de Zaragoza	109 526	466 974	4.26
Coacalco	106 060	252 175	4.13
Cuautitlán	17 719	75 539	4.26
Cuautitlán Izcalli	106 085	452 668	4.27
Chalco	48 034	219 735	4.57
Chicoloapan	17 044	77 316	4.97
Chimalhuacán	104 075	490 158	4.71
Ecatepec	364 741	1 618 975	4.44
Huixquilucan	42 633	193 156	4.53
Ixtapaluca	67 398	292 849	4.35
La Paz	47 593	312 030	4.48
Naucalpan de Juárez	205 130	855 373	4.17
Nezahualcóyotl	282 206	1 223 803	4.34
Nicolás Romero	59 655	269 391	4.52
Tecámac	38 673	172 392	4.46
Tlalnepantla de Baz	171 657	718 997	4.19
Tultitlán	12 418	57 155	4.58
Valle de Chalco	69 630	322 821	4.64
Total	1 870 277	8 071 507	4.43

Fuente. INEGI, con base en XII Censo General de Población y Vivienda 2000, México 2001, Resultados Preliminares 2000.

6. Economía

Durante la segunda mitad del siglo XX, se presentaron cambios significativos en el desarrollo económico del país. En las primeras décadas, casi el 50 por ciento de la fuerza laboral se concentraba en actividades primarias, pero a fines del siglo la estructura se invirtió y más de la mitad de la fuerza laboral se concentró en actividades terciarias.

En la actualidad, la mayor actividad económica del país se concentra en las tres zonas metropolitanas más pobladas: la Ciudad de México (47% de las unidades económicas y 49% del personal ocupado), Guadalajara (8.6% de unidades y 8.7% de ocupados) y Monterrey (7.5% y 10%, respectivamente). En ellas se concentra el 60 por ciento de los establecimientos manufactureros y en los estados de Jalisco, Monterrey y D.F. se genera aproximadamente 46 por ciento del Producto Interno Bruto total del país.

a) Producto Interno Bruto

En 1996, la ZMVM registró un PIB de 398.4 mil millones de pesos a precios de 1993 (30.8% del PIB nacional), del cual el 68.7 por ciento correspondió al DF y el 31.3 por ciento restante a los 18 municipios conurbados. Si bien, para el caso del DF no se dispone de las cifras correspondientes a cada delegación, la información correspondiente a los municipios conurbados indica que el 25.1 por ciento del PIB de la ZMVM es aportado por cuatro municipios: Cuautitlán Izcalli (2.7%), Ecatepec (4.9%), Naucalpan (8.2%) y Tlalnepantla (9.3%), mientras que el resto de los municipios tiene una aportación individual menor al dos por ciento, lo que indica un grado muy desigual de desarrollo económico en los municipios de la zona conurbada.

En 1998, el PIB de la ZMVM se estimó en 447,858.17 millones de pesos de 1993, que representa el 30.9 por ciento del PIB nacional. Dentro del PIB de la ZMVM, en 1998 el Distrito Federal aportó el 68.4 por ciento y los municipios conurbados el 31.6 por ciento. Los municipios de Tlalnepantla (9.3%), Naucalpan (8.3%), Ecatepec (5%) y Cuautitlán Izcalli (2.8%), continuaron aportando más del 25 por ciento del PIB de los municipios conurbados.

Cuadro 6
ZMVM: Producto Interno Bruto, 1996-1998
Millones de pesos de 1993

	1996	Participación	1998	Participación
Total Nacional	1,294,151.70	-	1,448,135.00	-
Total ZMVM	398,380.70	100.0%	447,858.17	100.0%
Distrito Federal	273,585.70	68.7%	306,137.91	68.4%
Municipios conurbados	124,795.00	31.3%	141,720.26	31.6%
Atizapán de Zaragoza	2,380.42	0.6%	2,243.91	0.5%
Coacalco	864.97	0.2%	974.39	0.2%
Cuautitlán	4,172.21	1.0%	4,700.04	1.0%
Cuautitlán Izcalli	10,697.51	2.7%	12,535.88	2.8%
Chalco	1,460.05	0.4%	1,644.74	0.4%
Chicoloapan	280.06	0.1%	315.45	0.1%
Chimalhuacán	325.44	0.1%	366.61	0.1%
Ecatepec	19,483.62	4.9%	22,439.07	5.0%
Huixquilucan	233.56	0.1%	263.08	0.1%
Ixtapaluca	3,997.24	1.0%	4,502.94	1.0%
La Paz	4,392.12	1.1%	4,947.77	1.1%
Naucalpan	32,796.99	8.2%	37,248.86	8.3%
Nezahualcóyotl	4,118.71	1.0%	4,936.59	1.1%
Nicolás Romero	457.54	0.1%	515.38	0.1%
Tecamac	440.16	0.1%	495.81	0.1%
Tlalnepantla	36,850.58	9.3%	41,512.69	9.3%
Tultitlán	1,843.82	0.5%	2,077.05	0.5%
Valle de Chalco	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Fuente. INEGI, con base en XI Censo General de Población y Vivienda 1990, México 1991. Censo de Población y Vivienda 1995, México, 1996. Gobierno del Estado de México.

La dinámica del desarrollo económico de la ZMVM fue ligeramente superior a la del país, al presentarse entre 1996 y 1998 un crecimiento del PIB nacional del 11.9 por ciento, mientras que el crecimiento del PIB de la ZMVM fue del 12.4 por ciento en el periodo referido.

b) Ingreso Per Cápita

El análisis del ingreso per cápita a nivel agregado, muestra que en la ZMVM se percibió en 1996 un total de 23.3 mil pesos por habitante. Sin embargo, una mayor desagregación muestra que en el Distrito Federal este indicador se ubicó en 32.1 mil pesos por habitante, mientras que en los municipios conurbados el ingreso por habitante fue de la mitad (15.9 mil pesos).

Cuadro 7
ZMVM: Ingreso Per Cápita
1996

Área	Miles \$93/habitante
ZMVM	23.31
Distrito Federal	32.06
Municipios conurbados	15.94

Fuente. INEGI, con base en XI Censo General de Población y Vivienda 1990, México 1991, Censo de Población y Vivienda 1995, México, 1996. Sistema de Cuentas Nacionales, 1999. Gobierno del Estado de México.

Aun cuando este indicador no refleja la distribución real del ingreso entre la población, en este caso sí puede reflejar la desigualdad económica existente entre las dos áreas que conforman a la ZMVM, en donde, en términos generales, el polo de desarrollo económico en la zona sigue siendo el Distrito Federal, aun cuando algunos municipios conurbados muestran en menor medida esta característica.

c) Actividad económica

El común denominador de la actividad económica en la ZMVM, es la coexistencia de polos de desarrollo altamente industrializados con actividades tradicionales de subsistencia. Esto provoca una gran desigualdad tanto en la distribución de la población en toda la zona y a nivel subregional, como en los niveles de ingreso. La categoría de salario mínimo en la ZMVM tiende a ser la más alta en las regiones o municipios con mayor desarrollo económico y actividades orientadas hacia los sectores secundario y terciario, mientras que en los municipios conurbados con

una mayor actividad primaria de tipo tradicional, la categoría tiende a ser la más baja. Esta misma situación se refleja con la población económicamente activa.

Cuadro 8
ZMM: Principales Indicadores de Actividad Económica
1998

<i>Entidad</i>	<i>Categoría de salario mínimo</i>	<i>PEA</i>	<i>Principales actividades</i>
Distrito Federal	A		
Municipios			
A. de Zaragoza	A	46%	Agricultura, ganadería, minería, turismo, industria y comercio.
Coacalco	A	44.24 %	Agricultura, ganadería, industria, comercios y servicios
Cuatitlán	A	44.3 %	Turismo, agricultura, industria, comercio, servicios y agricultura
Cuatitlán Izcalli	A	44.35 %	Agricultura, turismo, minería, comercio, pesca, avicultura y servicios
Chalco	C	43%	Agricultura, industria, avicultura, ganadería, fruticultura y comercio.
Chicoloapan	C	42%	Agricultura, ganadería, minería, industria, turismo y servicios
Chimalhuacán	C	43%	Agricultura, ganadería, minería, turismo, comercio, industria
Ecatepec	A	44.80 %	Industria, comercio, ganadería agricultura y servicios.
Huixquilucan	A	47%	Comercio, servicios, turismo, minería, ganadería y agricultura
Ixtapaluca	A	43.41 %	Minería, industria, agricultura, comercio y servicios.
La Paz	A	44%	Industria, comercio, servicios, ganadería y agricultura.
Naucalpan	A	47.73 %	Industria, ganadería, turismo, comercio, servicios y agricultura
Nezahualcóyotl	A	45%	Industria, comercio, servicios y ganadería.
Nicolás Romero	C	43%	Industria, agricultura, ganadería floricultura y comercio.
Tecamac	C	42.27 %	Industria, minería, turismo, comercio y servicios.
Tlalnepantla	A	46%	Industria, agricultura, ganadería, minería, comercios y servicios
Tultitlán	A	44.28 %	Agricultura, ganadería, minería, turismo, comercio e industria
Valle de Chalco	C		Comercio, servicios, industria y ganadería

PEA: Población Económicamente Activa Zona A: Salario mínimo más elevado del país. Zona C: Salario mínimo más bajo del país.

Fuente. INEGI, con base en XI Censo General de Población y Vivienda 1990, México 1991, Censo de Población y Vivienda 1995, México, 1996. Gobierno del Estado de México.

d) Perspectivas

Se estima que en los próximos cinco años, la economía de la región crecerá en forma similar a la del país, en forma constante y a tasas anuales razonables, las cuales oscilarán entre 2.5 y cinco por ciento. La estructura económica se irá orientando hacia el fortalecimiento del sector servicios y a la tecnología avanzada en el sector manufacturero. Se espera que la inflación promedio no supere el 11 por ciento anual y que el tipo de cambio en promedio anual pase de 10 pesos por dólar en el 2000 a 13 pesos por dólar en el 2005.

Cuadro 9
México: Escenarios Macroeconómicos
2000-2005

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
PIB Real % anual (Escenario de alto crecimiento)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
PIB Real % anual (Escenario de crecimiento base)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Inflación Promedio % anual	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
Tipo de Cambio Promedio pesos por dólar	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa, Universitario de Energía, UNAM.

Las grandes industrias continuarán reduciendo sus actividades dentro de la zona. El sector servicios deberá contar con una mayor participación de la inversión privada, ya que se esperan limitaciones financieras en el sector público. En este sentido, se estima que se otorgarán mayores espacios y oportunidades de inversión a los particulares, lo que hace evidente la creación de un nuevo marco normativo que garantice las condiciones de seguridad institucional y jurídica.

Por otra parte, se espera que se generen nuevos instrumentos fiscales que estén fuertemente relacionados con la política urbana y que puedan inducir o desalentar el modo de crecimiento urbano, ya sea en los usos deseables del suelo, la intensificación de la construcción de la vivienda y la utilización más eficaz de la infraestructura de servicios a la comunidad, entre otras.

7. Medio ambiente y transporte en la ZMVM

Las condiciones topográficas y orográficas que presenta la ZMVM, aunado a la problemática que representa el transporte, la baja calidad de los combustibles y el tipo de vehículos, originan cambios atmosféricos y climatológicos dando como resultado grados elevados de contaminación. A continuación se abordará la problemática que representa el sector transporte.

Uno de los estudios realizados, es la encuesta de origen y destino en esta materia elaborado en 1994 por INEGI, donde destaca lo siguiente, de los 30.5 millones de los viajes por persona al día en el área de la ZMVM, el 55 ciento se realizó en colectivos (peseros), el 16 por ciento en automóviles, el 13.4 por ciento en metro, el 6.7 en autobuses y el restante 8.1 en taxi, autobuses suburbanos y otros. Por lo que son pocas las personas que contaban con automóvil en ese año y la mayoría se transportaba en los medios más eficientes y más baratos.

8. Sistema eléctrico

a) Metro

El metro moviliza un promedio de 4.5 millones de pasajeros por día laborable, de estos por lo menos la mitad realizan un transbordo (hacer el cambio de una línea a otra) y el 60 por ciento además del metro, utiliza otro medio de transporte para llegar a su destino final

Por la inconsistencia de los servicios de transporte, así como por los tiempos excesivos en los viajes, los usuarios pierden entre una y cuatro horas en los recorridos, esto se ve reflejado en los consumos de combustibles, originando altos grados de contaminación, notándose principalmente en los días laborables, por lo que es necesario un rediseño de los servicios, sin afectar con esto a las zonas de reserva ecológica.

En sus casi 35 años de funcionamiento, el sistema de transporte colectivo metro, cuenta con una red de once líneas, con una longitud total de red 191 kilómetros, 184 kilómetros en operación y 169 kilómetros en servicio, que contiene 167 estaciones divididas de la siguiente manera: terminales sin correspondencia 12, terminales con correspondencia 10, estaciones de paso 108 y estaciones de correspondencia 37. El metro transporta 4.5 millones de pasajeros diarios. Las líneas que movilizan el mayor número de pasajeros son la uno que va de Observatorio a Pantitlán, dos que va Tasqueña a Cuatro Caminos y la tres de

Universidad a Indios Verdes; entre las tres se concentra el 58 por ciento del pasaje transportado.

El metro es uno de los transportes más baratos, el costo por boleto es de un peso un cincuenta centavos, es más eficiente, más seguro y más limpio. Pero en estos últimos años ha reducido en un cinco por ciento de los viajes debido principalmente a la competencia que ejercen los colectivos (peseros) y la desaparición de la Ruta 100 que con sus rutas alimentaba al metro, pero en sus horas pico este servicio se ve congestionado.

Los costos para la ampliación de nuevas línea es de alrededor de 400 millones de pesos por cada kilómetro y en los últimos años, la red sólo se ha ampliado 13.7 kilómetros.

El plan con que inicia este sistema de transporte se denomina Plan Maestro, sus objetivos pretenden planificar los servicios de transporte ferroviario masivo y de alta capacidad, que los usuarios tengan un mayor beneficio social, coadyuvar a la reducción de costos de transportación, al mejoramiento ecológico y a la reducción de consumo de energía en el la ZMVM. El área principal de estudio comprende las 16 delegaciones el DF y los 18 municipios del Estado de México todo lo cual constituye el 90 por ciento de la ZMVM.

Los errores de diseño que tuvo este plan en la construcción de líneas, además de estar saturadas de pasajeros, ha implicado buscar nuevas alternativas, prueba de ello es el replanteamiento y modificación que ha tenido este plan, denominada Red horizonte 2020. Este pretende hacer las modificaciones a corto, mediano y largo plazo, enmendado un poco los problemas que se tienen hoy en día en las grandes concentraciones de pasajeros en el Centro Histórico de la Ciudad, así como el reordenamiento del transporte, reducir lo niveles de contaminación y la pérdida de horas hombre.

b) Trolebús

La participación del sistema de transporte a través del Trolebús se ha visto reducida considerablemente en los últimos cinco años. Mientras que en 1995 el movimiento de pasajeros era de 142.6 millones para 1999 sólo se transportan 71 millones.

Las condiciones del parque vehicular para operar aumentaron mínimamente, siendo que en 1995 sólo se contaba con 324 vehículos, en 1999 llegaron a 344. De estos vehículos, operaban al día 299 en 1995 y 283 en 1999. La longitud de rutas

en 1995 alcanzaba los 376.7 kilómetros, para 1997 aumentó 33.5 kilómetros de rutas y para 1999 llegó a 429.5 kilómetros.

c) Autobuses urbanos

El sistema de transporte público, lo que anteriormente se constituía principalmente como Ruta 100, se vio reducido al mínimo. En el año de 1988, participaba con 234 rutas con una extensión de 7 063 kilómetros y con una participación de pasajeros por año de 2 010.7 miles de usuarios, alcanzando por día laborable 6.1 miles de usuarios; el número de vehículos en operación alcanzaba los 3 554 y los kilómetros recorridos llegaban a los 32 mil. En comparación con el año de 1999, donde las rutas sólo llegaban a 113, hubo una disminución de 121 rutas y los usuarios transportados llegaron a 118 308 mil; los vehículos utilizados se redujeron a 544, una reducción de 3 000 vehículos en once años, pero hubo aumento en el recorrido llegando a 45 119 kilómetros.

A diferencia del transporte eléctrico, este transporte contribuye con considerables grados de contaminación, por un mal servicio de mantenimiento a las unidades, así como la mala calidad en los combustibles que consumen.

d) Taxis

Es otro medio de transporte en el DF, que podemos dividir en dos, taxis libres y taxis de sitio, destacando los primeros con un promedio de 79 426 unidades, en tanto que las de sitio sólo alcanzan 9 941; se observa pues, que el 89 por ciento corresponde al sistema libre. Además de éstos, participa un número no contabilizado de vehículos que se conoce, como "taxis piratas", por no tener un control sobre ellos, éstos inciden en una problemática como lo es la inseguridad que sufren los usuarios al contratar este servicio y los altos índices de contaminación con los que contribuyen, por no estar registrados y participar en lo que se conoce como revisión vehicular.

e) Taxis colectivos (peseros)

Este servicio ha ido en aumento, gracias a la quiebra de la Ruta 100, ya que la demanda para cubrir esas rutas ha aumentado el parque vehicular de los conocidos como microbuses, que alcanzan alrededor de 23 000 unidades; las llamadas combis de ruta fija, participan con casi 4 000 unidades; y lo más importante, los taxis libres o de ruta no fija, han aumentado drásticamente llegando a 92 000 unidades. El crecimiento de los colectivos que en 1983

alcanzaba el 17 por ciento del transporte, para el año 2000 aumentó al 55 por ciento.

Consideremos que al cierre de la producción de microbuses en 1993, el parque vehicular con el que se cuenta es muy viejo, por lo tanto sus sistemas de reducción de contaminantes son obsoletos, contribuyendo con niveles de contaminación elevados.

El parque vehicular registrado en el D.F. alcanza los 3.5 millones, los cuales consumen 530 millones de litros de gasolina y 162 millones de litros de diesel (combustibles causantes de la contaminación). El consumo de energía por pasajero, para un sistema de transporte eléctrico como lo es el metro, es de 0.68 kilo-watts (kw), para el trolebús es de 0.7 kw/hora, sistemas que no contribuyen a la contaminación.

9. Transporte y contaminación

De entre los principales factores que contribuyen a la contaminación, está el contar con un parque vehicular, para el servicio público de transporte, bastante atrasado; la mayoría de estas unidades son de modelos que van de 1990 a 1994 y, por el servicio que prestan, deberían ser modelos más recientes y cumplir con los principales requisitos, como son las verificaciones semestrales y el llamado pase de Revista, que es en donde se observan las condiciones físicas de la unidad para que éstas puedan estar en servicio. Los consumos de combustibles son elevados por las mismas circunstancias, los modelos de estas unidades ya no son factibles para este servicio, es necesario renovar la flota vehicular.

Pero la contaminación no solamente le corresponde al transporte, también a la industria que emite elevados grados de contaminación. Si se adoptaran otras medidas, más drásticas, y el sistema no fuera tan corrupto, las acciones adoptadas, como la implantación del convertidor catalítico, la verificación vehicular y el cierre de la refinería de Azcapotzalco, funcionarían mejor de como lo han hecho hasta ahora.

La necesidad de mejorar la calidad del aire, nos ha llevado a múltiples pláticas y la búsqueda de organismos que controlen o se dediquen a plantear programas cuyos objetivos y metas sean mejorar la calidad del aire. La búsqueda de esto creó en 1996, con el Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995-2000, en él participaron el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Departamento del Distrito Federal (DDF) y el Gobierno del Estado de México.

Capítulo II

BALANCE DE ENERGÍA

Capítulo II

BALANCE DE ENERGÍA

1. Metodología del balance de energía de la ZMVM

a) Aspectos generales

El estudio plantea una metodología para la elaboración del Balance de Energía de la ZMVM, con el propósito de unificar criterios y facilitar el trabajo de organismos e investigadores, sobre todo de aquellos que requieren vincular energía y medio ambiente.

La metodología aplicada, el formato consolidado y la unidad calórica facilitan la inserción del Balance de Energía de la ZMVM dentro del Balance Nacional de Energía.

Cabe mencionar que un balance de energía no es un objetivo en sí mismo, sino una herramienta que junto con otros instrumentos ayuda a comprender y planificar el desarrollo del sector energético, dentro de un marco con formación socio-económica dada.

La metodología utilizada en el Balance de Energía de la ZMVM, se apoya en el formato para balances energéticos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), adaptada a los flujos de la energía del Área Metropolitana del Valle de México.

Concepto

El balance de energía es un instrumento que nos muestra el origen y destino de la energía. Contabiliza la energía que se produce, intercambia, transforma y se consume en una región determinada. Presenta los flujos y la estructura a detalle de la oferta y demanda de energía.

Asimismo, es un conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos físicos de la energía para un período determinado (generalmente un año).

El balance facilita la planeación energética de una región. Sin embargo, tiene mayor utilidad si se considera junto con otros elementos del sistema económico. Visualiza cómo se produce la energía, de qué región proviene o a cuál se envía, cómo se transforma y cómo se consume en los diferentes sectores de la economía. Permite calcular relaciones de eficiencia y hacer un diagnóstico de la situación energética de una región, país, continente o

mundial. Sin embargo, es a través de su relación con otras variables socio-económicas que el balance se convierte en un instrumento de evaluación y planificación energética. Asimismo, cumple en el sector energético un papel análogo al de las matrices de insumo-producto dentro del sector económico.

Actualmente el Balance de Energía de la ZMVM, tiene la limitante de no llegar aún a la etapa de energía útil, la cual se define como la energía realmente utilizada en los procesos energéticos finales en razón de que no toda la energía que entra a un sistema consumidor es aprovechada y depende para cada caso de la eficiencia de los aparatos consumidores.

Objetivos

1. Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía y el medio ambiente de la ZMVM, determinando las principales relaciones entre energía-economía y energía-contaminación ambiental.
2. Servir de instrumento para la planeación energética de la ZMVM.
3. Conocer a detalle la estructura del sector energético de la ZMVM.
4. Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos, mostrando los grados de dependencia energética de la región.
5. Ser base para la proyección energética de la ZMVM y sus perspectivas a corto, mediano y largo plazos.

Utilidad

- Cuantifica la energía necesaria para la región.
- Instrumento para la planeación energética.
- Muestra el origen y destino de la energía.
- Indica las fuentes de energía.
- Muestra las necesidades de energía para que cada región realice las actividades necesarias (oferta interna bruta).

- Determina cuáles son las formas de uso de la energía (transformación y uso).
- Muestra los resultados de la aplicación de la política energética.
- Señala en forma global los resultados de la aplicación de medidas de ahorro y diversificación energética.
- Es base para valorar la vinculación entre las políticas ambientales y energética.
- Junto con otros indicadores, muestra los grados de desarrollo de la región.

b) Estructura del balance

Descripción

Para expresar las relaciones que se manifiestan en el Balance de Energía de la ZMVM, es indispensable establecer una estructura general a fin de obtener una adecuada configuración de las variables físicas propias de la región.

- El balance refleja las relaciones entre las etapas del proceso energético: producción, transformación y consumo.
- La estructura general del balance nos muestra el origen y destino de la energía primaria y de la energía secundaria.
- La unidad de medida aplicada es el Joule, que es la misma que utiliza el Balance Nacional de Energía, de acuerdo a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- El Joule se define como la cantidad de energía necesaria para mover un kilogramo masa un metro de distancia en un segundo.
- El Balance utiliza el Poder Calorífico Neto como medio de conversión de unidades físicas a unidades calóricas de los energéticos. Se define como la cantidad de calor que se produce en la combustión con exclusión del calor no recuperable, equivalente al calor de proceso de combustión aprovechable. El Poder Calorífico Neto es utilizado por la mayoría de los organismos internacionales. Esta forma de medición permite reflejar con precisión el comportamiento de las variables energéticas.

Fuentes de energía

Para clasificar los energéticos se consideran dos bloques de utilización: Energía Primaria y Energía Secundaria.

Energía Primaria. Es la energía provista por la naturaleza, ya sea en forma directa como la hidroenergía, eólica y solar, o después de atravesar un proceso de extracción como el petróleo crudo, gas natural, carbón mineral, minerales fisionables, geoenergía, o a través de la fotosíntesis como en el caso de la leña y de otros combustibles vegetales y de origen animal. Es la energía que no ha sido sometida a un proceso de transformación elaborado por el hombre, puede ser consumida directamente o enviada para su transformación.

En el caso del Balance de Energía de la ZMVM se identifican tres fuentes de energía primaria:

- **GAS NATURAL.** Mezcla gaseosa de hidrocarburos, constituido principalmente por metano (la mayor parte), etano, propano, butano, pentano (líquidos del gas) y azufre, obtenido en yacimientos gaseros (no asociado) y en yacimientos petroleros, junto con la extracción de crudo (asociado). Este hidrocarburo se produce en su mayoría asociado al petróleo crudo. En la ZMVM se consume gas natural seco dulce, es decir, sin líquidos del gas y azufre.
- **HIDROELECTRICIDAD.** Es la energía potencial de un caudal hidráulico en una caída determinada, conducida hacia un grupo generador para la obtención de energía eléctrica.
- **COMBUSTIBLES SÓLIDOS.** Se consideran como combustibles sólidos la leña y el carbón vegetal.

Leña: Es la energía obtenida directamente de los recursos forestales.

Carbón vegetal: Es aquel recurso energético obtenido a partir de residuos forestales.

Energía Secundaria. Son aquellos recursos resultantes de los diferentes centros de transformación, que tienen como destino los diversos sectores de consumo y eventualmente otro centro de transformación. Es decir, es la energía que ha sufrido un proceso de transformación elaborado por el hombre.

- **GAS LICUADO.** Combustible ligero constituido de hidrocarburos ligeros de la mezcla de naftas, que junto con ciertos aditivos se

utiliza como combustible automotriz con un rango de ebullición de entre 30 y 200 °C. La gasolina es tratada en plantas reformadoras, en desintegradoras catalíticas o en mezclas con fracciones de aromáticos que le proporcionan un alto nivel de octanos. En México se le aplica Metil Terbutil Eter (MTBE). Su mayor consumo se identifica en el sector transporte. El balance de 1996 presenta tres diferentes tipos de gasolina automotriz: Magna, Premium y Nova.

- **DIESEL SIN.** Combustible intermedio obtenido en procesos de refinación en fracción baja de la destilación atmosférica del petróleo crudo, con un rango de destilación entre 200 y 380 °C, con bajo contenido de azufre.
- **OTROS INTERMEDIOS.** Incluye Pemex diesel, turbosina, diáfano, querosinas, productos refinados utilizados como combustibles para cocción, calefacción y como solventes. Productos intermedios obtenidos en procesos de refinación del petróleo crudo, con un rango de destilación entre 150 y 380 °C. En el caso de la turbosina se refiere a un combustible de punto de congelación utilizado por aviones con turbina.
- **COMBUSTIBLES INDUSTRIALES.** Combustibles derivados del proceso de refinación del petróleo crudo. Considera al gasóleo industrial, diesel industrial y al combustóleo con bajo contenido de azufre. En el caso del gasóleo, sus propiedades son similares a las del diesel y es obtenido de la redestilación al vacío de los productos residuales obtenidos en la destilación atmosférica del petróleo crudo. En el caso del combustóleo se considera un combustible pesado residual de la destilación atmosférica del petróleo crudo, que pasa por una planta hidrosulfuradora en la que se reduce su contenido de azufre a menos del 1%, de uso limitado en el valle de México por restricciones ambientales. El consumo de estos energéticos se presenta en el sector industrial.
- **ELECTRICIDAD.** Energía derivada de un flujo de electrones que es generada en plantas termoeléctricas, nucleoelectricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y solares, y que es transmitida a través de conductores. En México se tiene registrada la generación en todo tipo de plantas, excepto en las solares que aún no están integradas a una explotación comercial. Energía compuesta de cargas eléctricas en movimiento que puede producir calor (calefacción, luz), energía química (electrólisis) y energía cinética (motores).

Matriz

La matriz del balance se estructura en tres grandes divisiones: oferta, transformación y consumo final.

Oferta

Producción. Se refiere a toda la energía producida dentro de la región.

Proveniente de otras regiones. Energía importada y producida en otras zonas, que sirve para completar los requerimientos de la región.

Enviada a otras regiones. Se refiere a la energía que no es necesaria para la región y que es enviada a otras regiones para su consumo.

Variación de inventarios. Es el movimiento de la energía almacenada, medida al principio y al final de un período establecido. En el caso del balance el período es un año. Sin embargo, debido al poco movimiento de los inventarios en la ZMVM este rubro no se incluyó en la matriz.

No aprovechada. Se refiere a la energía que por razones técnicas y/o económicas no pudo ser aprovechada. Considera las pérdidas de energía.

Oferta interna bruta. La energía disponible para su transformación y consumo final. Está constituida por la producción más la energía proveniente de otras regiones, menos la energía enviada a otras regiones.

Transformación

Total transformación. Es la energía enviada a proceso para su transformación, ya sea de otro tipo de energía o como materia prima para uso no energético. Agrupa a los centros de transformación donde la energía primaria y secundaria se someten a procesos que modifican sus propiedades o naturaleza original. En el caso de la ZMVM sólo se presenta la transformación de gas natural a energía eléctrica.

Centrales eléctricas. Energía utilizada en plantas para generar energía eléctrica.

Diferencia estadística. Se refiere a la energía que no se ha podido identificar en su destino.

Consumo final

Uso final. En este rubro se detallan los diferentes sectores de la actividad socioeconómica de la región, en donde converge la energía primaria y secundaria y conforman el consumo final total de energía. Los sectores considerados han sido agrupados en cuatro rubros, los cuales comprenden las actividades socioeconómicas más importantes de la región, tales como industrial, transporte, residencial, comercial, de servicios y agropecuarios.

Sector industrial. Comprende los consumos de todas las ramas de la industria entre las que destacan la petroquímica, alimentaria, textil, manufacturera, etcétera.

Sector transporte. Incluye los consumos utilizados para la movilización individual y colectiva de personas y cargas por medios terrestres y aéreos.

Sector residencial, comercial y servicios. Incluye como consumidores a las familias rurales y urbanas; todo tipo de comercio y servicios públicos como alumbrado, suministro de agua, etcétera.

Sector agropecuario. Es la energía consumida para realizar las actividades relacionadas directamente con la agricultura y ganadería.

Energía útil

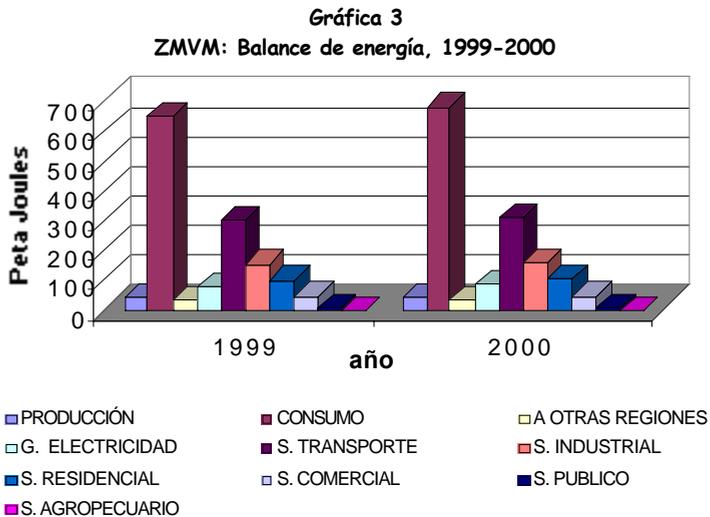
Es aquella energía transformada en trabajo útil, en el equipo y los procesos correspondientes a los distintos usos finales, como el movimiento obtenido de un automóvil, la luz de un foco, o el calor producido al quemar combustibles fósiles. Estas cantidades de trabajo útil reflejan los efectos combinados de la eficiencia teórica del aparato, equipo o proceso, así como la intensidad de funcionamiento y la forma de utilización.

Es conveniente señalar que para el cálculo de algunos indicadores fue necesario llegar al cálculo de la energía útil. Trabajo pionero en esta área.

2. Balance de energía de la ZMVM

a) Evolución

Durante el año 2000, el balance de energía de la ZMVM continuó presentando la alta dependencia que tiene la región por energía proveniente de otras regiones, incrementándose aun más en este año, en donde aumentaron la producción de energía cinco por ciento, la oferta 4.1 por ciento, el transporte dos por ciento y el consumo 4.2 por ciento con respecto a 1999, mientras que los decrementos son de 1.1 por ciento la energía enviada a otras regiones, esto significa que los demás sectores incrementaron sensiblemente su consumo de energía.



La oferta de energía continuó con su tendencia ascendente, cabe destacar que los suministros de energía a la región han cumplido de manera suficiente para atender la demanda y que no se notó ningún desabasto pronunciado.

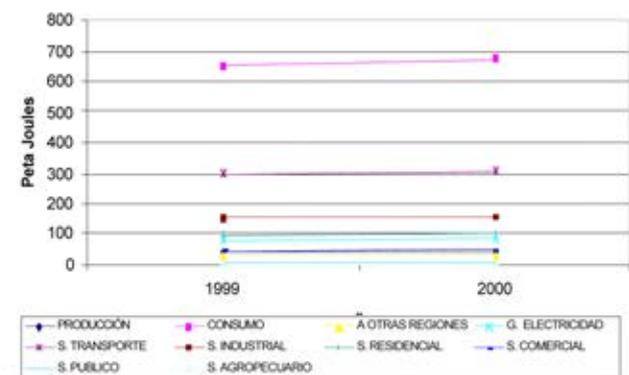
Cuadro 10
Balance consolidado de energía 1999-2000
 Peta Joules

	1999	2000
Producción	20.871	21.911
Oferta interna	621.268	646.616
Consumo	587.917	612.577
Enviada a otras regiones	29.637	29.302
G. Electricidad	77.657	83.585
S. Transporte	291.801	297.637
S. Industrial	149.962	156.524
S. Residencial	97.538	104.236
S. Comercial	41.546	46.317
S. Publico	6.121	6.810
S. Agropecuario	0.946	1.052
Producción energía secundaria	18.999	19.391

El consumo aumentó 4.2 por ciento, no obstante que el consumo del sector transporte, sólo aumento el 2 por ciento, esto se su supone que se debe al constante aumento del precio de la gasolina magna y del gas licuado. Cabe destacar que antes del año 2000 los incrementos en el precio de la gasolina no deprimían al consumo, pero con la política de precios aplicada se sobrepasaron los niveles de tolerancia y el consumo se comportó de manera elástica al precio. Los demás sectores de la economía presentaron incrementos en su consumo.

No obstante la disminución proporcional en el sector transporte, este continuó siendo el mayor consumidor de energía de la región al presentar en el año 2000 una participación del 48.59 por ciento, seguido del sector industrial con mas del 25.55 por ciento, el residencial con mas del 17.02 por ciento, el comercial con mas del 7.56 por ciento, el público con menos del 1.11 por ciento, así como el sector agropecuario con una cantidad marginal 0.17 por ciento.

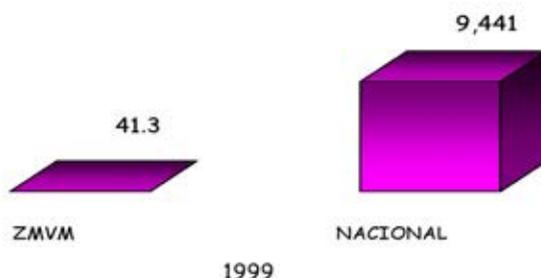
Gráfica 4
Consumo de energía por sector ZMVM



3. Producción de energía

La producción de energía de la ZMVM es sumamente limitada, ya que los grandes centros productores se localizan en otras regiones del país. Sin embargo, en la zona se genera electricidad y se utiliza leña y carbón vegetal. En 2000, la región produjo un promedio diario de 41.302 Peta Joules, teniendo una participación del 52.95 por ciento de combustibles sólidos (leña y carbón vegetal) y del 47.05 por ciento de energía eléctrica.

Gráfica 5
Producción de Energía
Peta Joules



Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, Programa Universitario de Energía, UNAM

En 2000, la producción de energía de la región apenas aportó el 6.39 por ciento de la oferta interna y el 6.74 por ciento del consumo. La generación eléctrica se ubicó en 19.391 Peta Joule, correspondiendo el 99.79 por ciento a plantas termoeléctricas y 0.21 por ciento a plantas hidroeléctricas. Mientras que la producción de combustibles sólidos fue de 20,870 Peta Joules.

En 2000, la producción de la ZMVM fue de 41.302 Peta Joules, cifra que representó un poco más del 0.4 por ciento en la producción nacional de energía. Cabe mencionar que las comparaciones del Balance de Energía de la ZMVM (2000) se hacen contra el Balance Nacional de 1999, ya que es el último balance a la fecha elaborado por la Secretaría de Energía.

Cuadro 11
Producción de energía ZMVM vs. producción nacional, 2000
Peta Joules

	ZMVM	Nacional 1999	Participación %
Hidroelectricidad	0.040	250.993	0.02
Combustibles Sólidos	21.870	242.022	9.03
Electricidad	19.391	610.765	3.17
Total	41.301	9 441.731	0.43

Fuente. Balance Nacional de Energía, 1998, Secretaría de Energía. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

De 1999 a 2000, los combustibles sólidos incrementaron su producción, al pasar esta de 20,810 a 21,870 Peta Joules, este comportamiento es resultado del aumento de la población en la región, de un mayor uso de la leña para el calentamiento de agua y de la contracción de la oferta de gas licuado en 2000. Asimismo, durante el periodo la generación de electricidad creció de 18.999 a 19.391 Peta Joules. La generación en plantas termoeléctricas en 2000 creció a un ritmo del 2.06 por ciento anual, mientras que la generación en plantas hidroeléctricas se redujo a un 35.48 por ciento.

En los próximos años, continuarán los mismos patrones de producción de energía en la zona. Sin embargo, se espera que la autogeneración de energía eléctrica se incremente ante la apertura del sector eléctrico hacia particulares.

4. Energía enviada y proveniente de otras regiones

En 2000, la Energía Proveniente de Otras Regiones hacia la ZMVM se situó en 654.008 Peta Joules, lo cual representa el 101.13 por ciento de la oferta interna de la región (hay que considerar que la energía enviada a otras regiones es de 29.302 Peta Joules, cantidad mayor a la Energía que se produce en la ZMVM, razón por la cual el porcentaje es mayor a 100%), lo que muestra la alta dependencia de la zona por los suministros energéticos externos.

Cuadro 12
ZMVM: Balance entrada y salida de energía, 2000
Peta Joules

	<i>Energía proveniente de otras regiones</i>	<i>Energía enviada a otras regiones</i>	<i>Saldo</i>
Gas Natural	143.903		143.903
Gas Licuado	105.958		105.958
Gasolinas	210.143		210.143
Diesel Sin	61.087		61.087
Otros Intermedios	43.734	29.302	14.432
Combustibles Industriales	24.988		24.988
Electricidad	64.194		64.194
Total	654.007	29.302	624.705

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

La energía proveniente de otras regiones estuvo constituida en 2000 por 32.13 por ciento de gasolinas, 22.00 por ciento de gas natural, 16.20 por ciento de gas licuado, 9.82 por ciento de electricidad, 9.34 por ciento de diesel sin, 6.69 por ciento de otros intermedios (principalmente turbosina), 3.82 por ciento de combustibles industriales.

De 1999 a 2000, la energía proveniente de otras regiones aumentó el 3.81 por ciento, lo que muestra que la dependencia del exterior sigue aumentando en forma considerable.

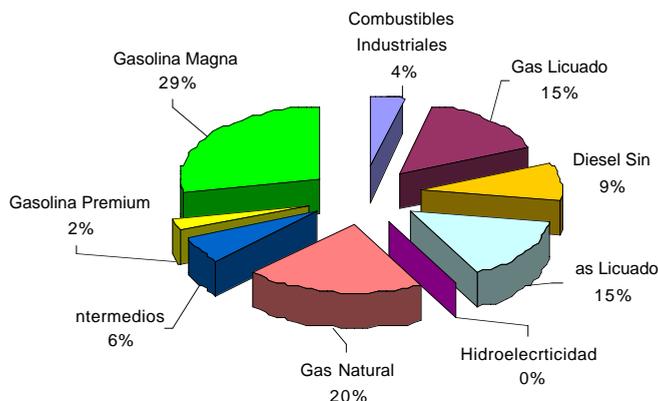
La ZMVM envía una parte de la turbosina, que le es suministrado por otras regiones, hacia otras regiones del país. En 2000, la energía enviada a otras regiones totalizó 29,302 Peta Joules. Cabe mencionar que ésta cifra se deriva de la estimación de la turbosina consumida por las aeronaves dentro de la ZMVM y su diferencia con la turbosina despachada en el aeropuerto de la ciudad de México. De 1999 a 2000, hubo un decrecimiento 1.13 por ciento de la energía enviada a otras regiones.

Se espera que en los próximos años aumente la dependencia de la ZMVM por los suministros de energía proveniente de otras regiones, debido a que se estima un aumento de la demanda de energía, sobre todo en las áreas conurbadas, un mayor crecimiento las industrias de servicios y manufacturera y al estancamiento de nuevas inversiones en plantas productoras de energía.

5. Oferta de energía

En 2000, la oferta interna de energía en la ZMVM se ubicó en 646.616 Peta Joules, integrándose por 41.302 Peta Joules de producción, 654.008 Peta Joules de energía proveniente de otras regiones y 29.302 Peta Joules de energía enviada a otras regiones.

Gráfico 6
ZMVM: Oferta de energía, 2000



Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, Programa Universitario de Energía, UNAM.

La hidroelectricidad junto con los combustibles sólidos fueron los únicos energéticos producidos en la ZMVM. La hidroelectricidad registró una oferta de 0.040 Peta Joules, destinándose 0.025 Peta Joules al uso industrial, 0.015 Peta Joules al uso residencial, comercial y público y una cifra poco significativa al uso agropecuario. Respecto a 1999, la oferta de hidroelectricidad se contrajo 35.48 por ciento.

Los combustibles sólidos tuvieron una oferta de 21,870 Peta Joules, los cuales se consumieron en su totalidad en el sector residencial, comercial y público. Cabe mencionar que de 1999 a 2000, la oferta de combustibles sólidos se incrementó 5.1 por ciento.

Por su parte, la oferta de gas natural se situó en 143.903 Peta Joules, de los cuales 53.431 Peta Joules se utilizaron para la generación de electricidad, 82,994 Peta Joules los consumió la industria, 7.338 Peta Joules los consumieron los sectores residencial, comercial y público y 0.140 Peta Joules los consumió el sector transporte. Cabe mencionar, que el total de la oferta de gas natural provino de otras regiones. En 2000, la oferta de gas natural en la región fue de 143.902 Peta Joules, cifra 2.07 por ciento superior a la de 1999.

El gas licuado registró una oferta de 105.958 Peta Joules, de los cuales 92.425 Peta Joules consumieron los sectores residencial, comercial y público, 8.914 Peta Joules el sector transporte, 4.318 Peta Joules la industria y 0.301 Peta Joules el sector agropecuario.

En 2000, la oferta de gasolina en la zona fue de 210.143 Peta Joules, teniendo una participación del 92.32 por ciento de gasolina magna y 7.68 por ciento de gasolina premium, toda la gasolina fue consumida por el sector transporte. Respecto a 1999, la oferta de gasolina aumentó 2.11 por ciento, registrándose un aumento mínimo en el consumo de la gasolina premium, la baja se atribuye a la reducción del margen en el precio entre la gasolina magna y la premium y a la política de incrementos mensuales en los precios, lo que significa que por vez primera la demanda de gasolina deja de ser inelástica respecto al precio.

El diesel sin presentó una oferta fue de 61.087 Peta Joules, destinándose su totalidad al sector transporte. En 1999, la oferta de diesel sin fue 2.87 por ciento inferior a la de 2000.

La oferta de otros productos intermedios fue de 14.432 Peta Joules y estuvo constituida por 95 por ciento de turbosina y cinco por ciento de querosinas. Asimismo, esta oferta se integró por 43.734 Peta Joules de productos provenientes de otras regiones y por 29.302 Peta Joules de productos enviados a otras regiones. En 1999, la oferta de otros productos intermedios fue de 13.317 Peta Joules, nivel 8.37 por ciento inferior al de 2000.

En 2000, los combustibles industriales registraron una oferta de 24.988 Peta Joules, destinándose en su totalidad al sector industrial. La oferta de combustibles industriales en 2000 fue mayor en 13.20 por ciento a la de 1999.

La oferta de electricidad generada en plantas termoeléctricas en 2000 se integró por 19.391 Peta Joules generados en la ZMVM y por 64.194 Peta Joules provenientes de otras regiones, sumando 83.585 Peta Joules. Respecto a 1999, la oferta de energía eléctrica aumentó 7.63 por ciento.

En 1999¹, la oferta interna de la ZMVM representó el 10.1 por ciento de la oferta interna del país.

De 1996 a 2000, la oferta de energía en la ZMVM registro una tasa media de crecimiento anual del 1.55 por ciento². Destacando los siguientes crecimientos anuales: Diesel Sin 9.56 por ciento; electricidad 5.25 por ciento; Combustibles Sólidos 3.15 por ciento; Otros Intermedios 2.32 por ciento; y Combustibles Industriales 2.12 por ciento. La oferta de Hidroelectricidad, Gas Natural y Gas Licuado presentó decrementos.

6. Consumo de energía por sector

En 2000, el consumo sectorial de energía de la ZMVM fue de 612.577 Peta Joules. El sector transporte continuó siendo el mayor consumidor de energía, seguido de los sectores industrial, residencial, comercial y público y del agropecuario. En 1999, el consumo sectorial de energía de la ZMVM representó el 15.6 por ciento del consumo sectorial de todo el país.

De 1996 a 2000, el consumo de energía de la ZMVM registró una tasa media de crecimiento anual del 1.91 por ciento. Mientras que de 1999 a 2000 se presentó un aumento en el consumo de 4.08 por ciento.

En 2000, el consumo de gasolina continuó teniendo la mayor participación (34.30%) en el total seguida del gas licuado (17.30%), gas natural (14.77%), electricidad (13.64%), diesel sin (9.97%), combustibles industriales (4.08%), combustibles sólidos (3.57%), otros combustibles (2.37%) y la hidroelectricidad que tuvo una participación poco significativa.

¹ Este es el último Balance de Energía Nacional de que se dispone.

² Se hacen los cálculos con los datos de 1996; nota: los valores reales de 1998 y 1999, son inferiores a los calculados.

.Cuadro 13
ZMVM: Consumo de energía por sector, 1999-2000
 Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Transporte	291.801	49.63	297.637	48.59
Industrial	149.962	25.51	156.524	25.55
Residencial	97.538	16.59	104.236	17.02
Comercial	41.546	7.07	46.317	7.56
Público	6.125	1.04	6.810	1.11
Agropecuario	0.946	0.16	1.052	0.17
Total	587.918	100.00	612.577	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

Cuadro 14
ZMVM: Consumo de energía por tipo, 1999-2000
 Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Hidroelectricidad	0.062	0.01	0.040	0.01
Combustibles Sólidos	20.810	3.54	21.870	3.57
Gas Natural	88.641	15.08	90.472	14.77
Gas Licuado	100.179	17.04	105.958	17.30
Gasolina	205.796	35.00	210.143	34.30
Diesel Sin	59.382	10.10	61.087	9.97
Otros Intermedios	13.317	2.27	14.432	2.36
Combustibles Industriales	22.074	3.75	24.988	4.08
Electricidad	77.657	13.21	83.585	13.64
Total	587.918	100.00	612.577	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

De 1999 a 2000, el gas natural incremento marginalmente su participación en forma despreciable, en cuanto al balance general de energía descendió 0.41 por ciento, mientras que el gas licuado se incremento en 0.28 por ciento, los combustibles industriales y otros intermedios mantuvieron su participación y los demás energéticos la aumentaron. La hidroelectricidad también disminuyó su participación aunque ésta es poco significativa.

a) Sector transporte

El sector transporte consumió 297.637 Peta Joules en 2000, esta cifra representa el 48.59 por ciento del consumo de energía de la ZMVM (incluida la generación de electricidad). Las gasolinas continúan teniendo la mayor participación en el consumo (70.60%), le siguen el diesel sin (20.52%), la turbosina (4.61%), el gas licuado 2.99 por ciento y la electricidad (1.22%). En 2000, se registró un incremento en el consumo de gas natural con respecto a 1999, como parte de la diversificación y uso de combustibles más limpios.

Cuadro 15
ZMVM: Consumo de Energía del Sector Transporte, 1999-2000
Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Gas Natural	0.085	0.03	0.140	0.05
Gas Licuado	10.399	3.56	8.914	3.00
Gasolina	205.796	70.53	210.143	70.60
Diesel Sin	59.382	20.35	61.087	20.52
Otros Intermedios	12.655	4.34	13.716	4.61
Electricidad	3.485	1.19	3.637	1.22
Total	291.801	100.00	297.637	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

En 1998, el consumo del sector transporte de la ZMVM representó el 19.2 por ciento del consumo de energía del sector transporte de todo el país. En el periodo comprendido entre 1996 y 1999, el consumo de energía del sector transporte registró un crecimiento anual del 0.72 por ciento, destacando el aumento del consumo de gasolina magna, gasolina premium, diesel sin, turbosina y electricidad. También resalta la desaparición del consumo de gasolina nova y la incursión del gas natural, debido a las políticas ambientales, y la baja en el consumo de gas licuado.

b) Sector industrial

El sector industrial es el segundo consumidor de energía de la ZMVM, al presentar una cifra en el 2000 de 156.524 Peta Joules (25.55 %), en 1999. Esta cifra representó el 25.51 por ciento del consumo total.

En 2000, el gas natural continuó teniendo la mayor participación en el consumo de energía del sector industrial al ser ésta del 53.02 por ciento, le siguió la electricidad con el 28.24 por ciento, los combustibles industriales con el 15.96 por ciento, el gas licuado con el 2.76 por ciento y la hidroelectricidad con una participación marginal.

Cuadro 16
ZMVM: Consumo de Energía del Sector Industrial, 1999-2000
Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Hidroelectricidad	0.038	0.03	0.025	0.02
Gas Natural	83.017	55.36	82.994	53.02
Gas Licuado	4.083	2.72	4.318	2.76
Combustibles Industriales	22.074	14.72	24.988	15.96
Electricidad	40.75	27.17	44.199	28.24
Total	149.962	100.00	156.524	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

De 1996 a 2000, el consumo de energía del sector industrial de la región presentó un incremento anual del 0.8 por ciento. Sin embargo, el consumo creció 1.91 por ciento de 1996 a 2000. Este comportamiento aleatorio durante el periodo considerado se explica por el cambio en los patrones de consumo de combustibles industriales y por la baja en el uso de gas en el sector eléctrico.

En 1998, el consumo del sector industrial de la ZMVM representó el 11 por ciento del consumo de energía del sector industrial de todo el país.

c) Sector residencial

En 2000, el sector residencial, consumió 104.236 Peta Joules. El gas licuado continuó teniendo la mayor participación en el consumo con el 62.07 por ciento, seguido de la electricidad con el 17.71 por ciento, los combustibles sólidos (leña y carbón vegetal) con el 14.69 por ciento y la hidroelectricidad y otros intermedios con aportaciones marginales.

Cuadro 17
ZMVM: Consumo de Energía del Sector Residencial, 1999-2000
 Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Hidroelectricidad	0.013	0.01	0.008	0.01
Combustibles Sólidos	14.566	14.93	15.308	14.69
Gas Natural	4.371	4.48	5.756	5.51
Gas Licuado	61.168	62.72	64.697	62.07
Electricidad	17.414	17.85	18.460	17.71
Otros Intermedios	0.006	0.01	0.006	0.01
Total	97.538	100.00	104.236	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

d) Sector comercial

En 2000, el sector comercial, consumió 46.317 Peta Joules. El gas licuado continuó teniendo la mayor participación en el consumo con el 59.87 por ciento, seguido de la electricidad con el 22.51 por ciento, los combustibles sólidos (leña y carbón vegetal) con el 14.17 por ciento, el gas natural 3.42 por ciento y la hidroelectricidad y otros intermedios con aportaciones marginales.

Cuadro 18
ZMVM: Consumo de Energía del Sector Comercial, 1999-2000
 Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Hidroelectricidad	0.006	0.01	0.002	0.00
Combustibles Sólidos	6.244	15.03	6.562	14.17
Gas Natural	1.169	2.81	1.582	3.41
Gas Licuado	24.277	58.43	27.728	59.87
Electricidad	9.834	23.68	10.426	22.51
Otros Intermedios	0.015	0.04	0.017	0.04
Total	41.546	100.00	46.317	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

e) Sector público

En 2000, el sector público, consumió 6.810 Peta Joules. El único combustible que consumió fue la electricidad 99.94 por ciento de termoeléctricas y 0.06 por ciento de hidroeléctricas.

En 1999, el consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público de la ZMVM representó el 16.4 por ciento del consumo del sector residencial, comercial y público de todo el país.

En el período 1999-2000, el consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público creció el 8.37 por ciento, sobresaliendo los incrementos en el consumo de electricidad, gas licuado, combustibles sólidos y gas natural así como un decremento en la hidroelectricidad.

f) Sector agropecuario

En el 2000, el sector agropecuario de la región registró un consumo de energía de 1.052 Peta Joules. Los kerosenos (otros intermedios) continuaron siendo el energético más consumido por el sector al representar el 65.97 por ciento, seguido del gas licuado con el 28.61 por ciento, la electricidad con el 5.42 por ciento y la hidroelectricidad con una participación poco significativa.

Cuadro 19
ZMVM: Consumo de energía del sector agropecuario, 1999-2000
Peta Joules

	1999	Part. %	2000	Part. %
Hidroelectricidad	NS		NS	
Gas Licuado	0.252	26.67	0.301	28.61
Electricidad	0.053	5.61	0.057	5.42
Otros Intermedios	0.640	67.72	0.694	65.97
Total	0.945	100.00	1.052	100.00

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

En 1998, el consumo de energía del sector agropecuario representó apenas el uno por ciento del consumo del sector agropecuario de todo el país. Esto se explica por la baja actividad agropecuaria ante una infraestructura metropolitana de la zona.

En el período 1999-2000, el consumo de energía del sector agropecuario se incrementó un 11.21 por ciento, presentándose un mayor consumo en todos los energéticos que utiliza dicho sector.

7. Consumo por energético

a) Gas natural

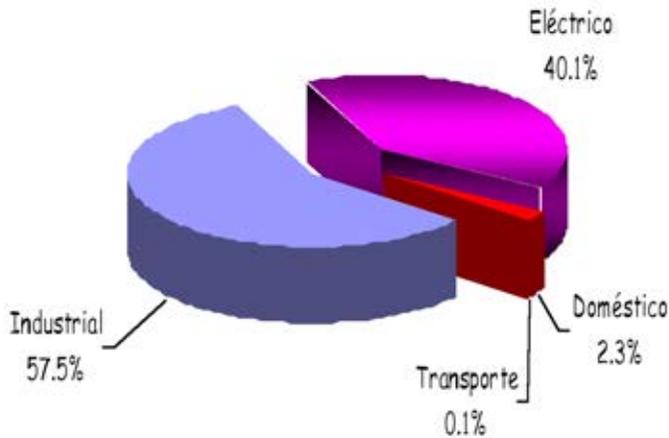
A raíz de las políticas que en materia ambiental se han aplicado en la ZMVM, el consumo del gas natural se ha incrementado en forma continua, sobretudo, en la generación de energía eléctrica.

La participación de los sectores en el consumo de gas natural en 2000, estuvo encabezada por el sector industrial con el 57.67 por ciento, seguido del sector eléctrico con el 37.13 por ciento, el sector residencial con el cuatro por ciento y el sector transporte con el 0.1 por ciento. De 1986 a 1996, el consumo de gas pasó de 223.4 a 373.3 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD), lo cual significó un incremento anual promedio de 13.6 MMPCD, con una tasa media de crecimiento anual del 5.27 por ciento.

En el periodo 1986-1999 el consumo aumentó a un ritmo anual de 15.1 MMPCD, registrando una tasa media de crecimiento anual del cinco por ciento. De 1996 a 1999 la dinámica del crecimiento del consumo de gas bajó al presentar una tasa media de crecimiento anual del cuatro por ciento.

Este comportamiento del consumo de gas tiene un mejor punto de apreciación al ver que de 1992 a 1996 creció 15 por ciento; de 1996 a 1997 bajó seis por ciento; y de 1998 a 1999 sólo creció 2.6 por ciento.

Gráfica 7
ZMVM: Consumo de gas natural, 1999



Fuente: Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, Programa Universitario de Energía, UNAM.

Las perspectivas del consumo de gas natural en la ZMVM, dependerán del nivel de los precios, las condiciones para invertir en la infraestructura necesaria para su distribución y abastecimiento, la política ambiental y la disponibilidad que puedan ofrecer su producción e importación.

Cuadro 20
ZMVM: Consumo de gas natural por sectores, 1986-1999
 Millones de pies cúbicos diarios

Año	Consumo Total	Sector			
		Industrial	Eléctrico	Doméstico	Transporte
1986	223.4	163.1	53.6	6.7	-
1987	243.4	177.7	58.4	7.3	-
1988	230.9	168.6	55.4	6.9	-
1989	231.0	168.6	55.4	6.9	-
1990	246.0	179.6	59.0	7.4	-
1991	298.0	217.5	71.5	8.9	-
1992	325.0	237.3	78.0	9.8	-
1996	373.3	220.0	144.3	9.0	-
1997	395.0	226.0	160.0	9.0	-
1998	409.0	230.0	170.0	9.0	-
1999	419.6	241.5	168.3	9.5	0.3
TMCA 1986-1999	5.0%	3.1%	9.2%	2.7%	
TMCA 1986-1996	5.3%	3.0%	10.4%	3.0%	
TMCA 1996-1999	4.0%	3.2%	5.3%	1.8%	
TMCA 1998-1999	2.6%	5.0%	-1.0%	5.5%	100.0%

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

Sector industrial

En el periodo 1986-1996, el consumo de gas natural del sector industrial aumentó de 163.1 a 220 MMPCD, registrando una tasa media de crecimiento anual del 5.3 por ciento. De 1986 a 1999, el consumo de gas se incrementó 78.4 MMPCD, alcanzando su nivel máximo en 1999 (241.5 MMPCD), la tasa media de crecimiento anual fue del tres por ciento.

En los últimos años, se ha registrado un crecimiento poco dinámico del consumo de gas del sector industrial. Esta baja en la dinámica del crecimiento se registró de 1996 a 1998, cuando el consumo sólo creció 10 MMPCD, presentando una tasa de crecimiento anual del 2.2 por ciento.

De 1998 a 1999, el consumo de gas en el sector industrial recuperó su tendencia creciente al aumentar cinco por ciento, recuperando 11.5 MMPCD. Cabe mencionar, que éste sector complementa sus necesidades energéticas con diesel, gasóleo y electricidad.

Sector Eléctrico

El sector eléctrico ha registrado el mayor crecimiento en el uso del gas natural, influenciado por la política ambiental y por el crecimiento de la demanda de energía de la ZMVM.

El consumo de gas natural para la generación eléctrica pasó de 53.6 MMPCD en 1986 a 144.3 MMPCD en 1996, registrando la mayor tasa de crecimiento anual (10.4%) de los sectores consumidores de gas de la región. De 1986 a 1999, el consumo de gas para la generación eléctrica registró un fuerte aumento al pasar de 53.6 a 168.3 MMPCD, lo cual significó un crecimiento anual del 9.2 por ciento. De 1996 a 1999, la dinámica en el consumo de gas disminuyó al aumentar sólo 28.3 MMPCD y al presentar un crecimiento anual del 5.3 por ciento.

Cabe mencionar que desde 1986 a la fecha el consumo de gas natural para la generación eléctrica ha presentado un crecimiento constante, sin alguna baja de un año a otro, a pesar de que las plantas generadoras no han incrementado su capacidad instalada de generación.

Sector residencial

El sector doméstico es uno de los más bajos consumidores de gas natural de los sectores de la economía en la ZMVM. Esto se explica por la baja infraestructura para la distribución de gas natural y la utilización, desde hace muchos años, del gas licuado para la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

De 1986 a 1996, el consumo de gas en el sector doméstico apenas aumentó 2.3 MMPCD, al pasar de 6.7 a 9 MMPCD, lo que significó un crecimiento anual del tres por ciento. De 1986 a 1999, se presentó un aumento de 2.8 MMPCD en el crecimiento del consumo de gas al registrarse una tasa de crecimiento anual del 1.8 por ciento. A partir de 1996 y hasta 1999, el consumo de gas aumentó apenas 0.5 MMPCD, presentando una tasa del 2.7 por ciento promedio anual.

De 1998 a 1999, el consumo doméstico aumentó 5.5 por ciento, registrando la mayor dinámica de crecimiento de los últimos años.

A la fecha, el sector doméstico de la ZMVM no presenta alguna perspectiva de crecimiento importante, debido a la falta de inversiones en la infraestructura y a la tecnología encaminada al consumo de gas licuado para los mismos fines.

b) Gas licuado

El consumo de gas licuado en la ZMVM se continúa presentando en mayor medida en el uso doméstico y comercial. Sin embargo, en los últimos años la tasa de crecimiento del consumo ha ido disminuyendo hasta presentar un descenso de 1998 a 1999.

De 1986 a 1999, el consumo de gas licuado aumentó 36.267 Peta Joules al pasar de 109.436 a 145.703 Peta Joules, registrando una tasa media de crecimiento anual del 2.23 por ciento. Entre 1986 y 1996, la tasa media de crecimiento anual fue de 2.7 por ciento, al aumentar el consumo 33.722 Peta Joules. Un menor dinamismo en el consumo de gas licuado se registró en el periodo 1996-1999 al presentar una tasa de crecimiento anual del 0.6 por ciento, cuando el consumo apenas aumentó 2.545 Peta Joules.

Cuadro 21
ZMVM: Consumo de gas licuado por sectores de la economía, 1986-1999
Peta Joules

Año	Consumo Total	Sector			
		Res.Com y Pub.	Industrial	Transporte	Agropecuario
1986	109.436	88.440	5.090	15.270	0.636
1989	111.557	91.197	4.878	14.846	0.636
1994	138.280	117.495	6.363	13.998	0.424
1996	143.158	121.737	6.150	14.846	0.424
1997	163.306	138.916	7.211	16.755	0.424
1998	167.547	142.309	7.423	17.391	0.424
1999	145.703	124.282	5.938	15.058	0.424
TMCA 1986-1999	2.2%	2.7%	1.2%	-0.1%	-3.1%
TMCA 1986-1996	2.7%	3.2%	1.9%	-0.3%	-4.0%
TMCA 1996-1999	0.6%	0.7%	-1.1%	0.5%	0.0%
TMCA 1998-1999	-13.0%	-12.7%	-20.0%	-13.4%	0.0%

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

En 1999, la participación en el consumo sectorial de gas licuado fue 85.30 por ciento el sector residencial, comercial y público; 10.33 por ciento el sector transporte, 4.08 por ciento el sector industrial y 0.29 por ciento el sector agropecuario.

Sector residencial, comercial y público

El sector residencial, comercial y público es el mayor consumidor de gas licuado del país y de la ZMVM. Ante las posibilidades de una sustitución poco dinámica de este energético por gas natural, debido a la fuerte inversión necesaria para tener una infraestructura adecuada a las necesidades de la región, se espera que en los próximos años el gas licuado continúe siendo la principal fuente energética en este sector. Aunque vale la pena mencionar que, las limitaciones de la planta productiva de PEMEX han generado dificultades en el suministro de gas licuado, teniéndose que acudir a las importaciones para cumplir con la demanda. Sin embargo, el problema tanto del suministro futuro de gas licuado como su sustitución por gas natural, dependerá de las inversiones que se puedan realizar tanto en plantas productoras de gas licuado como en infraestructura para la distribución de gas natural. Vale la pena mencionar que el escenario para ambos energéticos se orienta hacia la importación.

De 1986 a 1998, el consumo de gas licuado pasó de 88.440 a 142.310 Peta Joules, registrando una tasa media de crecimiento anual del 4.04 por ciento. Entre 1986 y 1996, el consumo de gas licuado aumentó 33.298 Peta Joules, presentando una tasa de crecimiento anual del 3.25 por ciento. Sin embargo, el mayor crecimiento en el consumo de este energético se manifestó entre 1996 y 1998, al tener una tasa media de crecimiento anual del 8.18 por ciento, cuando este aumentó 24.340 Peta Joules. De 1998 a 1999, la reducción en el consumo de gas licuado fue del 14.99 por ciento.

Sector transporte

El uso del gas licuado en el sector transporte dentro de la ZMVM ha tenido un crecimiento limitado, a pesar de que en los últimos años se ha tratado de incentivar su uso. Se presentan desventajas en el uso de este energético como son las limitaciones de estaciones de servicio, bajo nivel de producción y el costo para la sustitución de los sistemas de gasolina.

De 1986 a 1999, el consumo de gas licuado para transporte bajó de 15.270 a 15.058 Peta Joules, llegando a una tasa de crecimiento anual de apenas del -0.11 por ciento. De 1986 a 1996, el descenso en el consumo presentó una tasa media de crecimiento anual de -0.28 por ciento. En el periodo 1996-1999 el crecimiento en el consumo volvió a hacerse presente al aumentar de 7 a 7.1 MBD, registrándose una tasa media de crecimiento anual del 0.47 por ciento. De 1998 a 1999, la reducción en el consumo de gas licuado fue del 15.49 por ciento.

Sector industrial

En el sector industrial, el uso del gas licuado es limitado y se identifica en su mayor parte en el área de servicios generales para calentar agua y la cocción de alimentos de los trabajadores.

De 1986 a 1999, el consumo de gas licuado pasó de 5.090 a 5.938 Peta Joules, presentando una tasa media de crecimiento anual del 1.19 por ciento. De 1986 a 1996, la dinámica en el consumo fue mayor al tener una tasa media de crecimiento anual del 1.91 por ciento. En el periodo 1996-1999 el consumo de gas licuado pasó de 2.9 a 2.8 MBD, registrando un decrecimiento anual del 1.18 por ciento.

El futuro del consumo de gas licuado en la industria estará condicionado y muy vinculado al crecimiento en la cantidad de trabajadores. De 1998 a 1999, la reducción en el consumo de gas licuado fue del 15.49 por ciento.

Sector agropecuario

El sector agropecuario es el de menor consumo de gas licuado, el cual se presenta en vehículos de trabajo, sustituyendo el uso de kerosinas. Sin embargo, el uso de este combustible siempre ha registrado una tendencia a la baja.

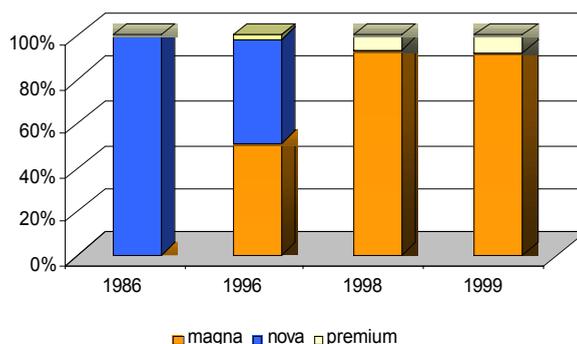
De 1986 a 1999, la tasa anual del consumo fue del -3.17 por ciento y de 1986 a 1996 fue del -4.14 por ciento. Desde 1996 a 1999, el consumo permaneció constante en 0.424 Peta Joules.

c) Gasolina

El consumo de gasolina en la ZMVM, ha presentado un crecimiento constante influido por los factores que se desarrollan en el sector transporte, como lo es el crecimiento del parque vehicular. Sin embargo, se han aplicado políticas para desincentivar su consumo como: la sustitución por otros energéticos como el gas natural y el gas licuado, el uso de diesel en los transportes de carga y limitaciones en la circulación de vehículos, entre otras.

La sustitución de gasolinas ha permitido que a partir de 1998 ya no se consuma gasolina nova y que la participación de la gasolina de alta calidad premium vaya aumentando.

Gráfica 8
ZMVM Consumo de gasolina, 1986-2000



Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, del Programa Universitario de Energía, UNAM.

De 1986 a 1999, el consumo de gasolina en la ZMVM pasó de 184.514 a 253.018 Peta Joules, registrando una tasa media de crecimiento anual del 2.46 por ciento. En el periodo 1986-1996, el consumo presentó un menor crecimiento al situarse la tasa anual en 2.22 por ciento. Sin embargo, de 1996 a 1999 la dinámica en el crecimiento del consumo de gasolina aumentó al registrarse una tasa anual del 3.25 por ciento. Este comportamiento se explica por lo inelástico que es el consumo respecto al aumento de precios, a pesar de los fuertes incrementos en el precio del combustible y por el fracaso en la sustitución por gas licuado.

Cuadro 22
ZMVM: Consumo de Gasolina por Tipo, 1996-2000
Peta Joules

Año	Consumo Total
1996	206.599
1998	193.075
1999	205.796
2000	210.143
TMCA 1996-1999	-0.13 %*
TMCA 1996-2000	0.43%

* Hay un decremento en el consumo de gasolina de 1996 a 1999.

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

Gasolina Nova

La política de sustitución de este combustible ha ocasionado que a partir de 1990 disminuya su participación, hasta que 1998 ya no se registró consumo alguno. De 1986 a 1996, la tasa anual fue del -4.9 por ciento, descendiendo el consumo de 183.879 a 111.133 Peta Joules. Posteriormente, en 1997 que fue el último año que se presentó consumo de nova, este se ubicó en 29.904 Peta Joules, registrando una baja de 81.229 Peta Joules en un solo año.

El comportamiento en los patrones de consumo de la gasolina nova en la ZMVM permite deducir que el nivel de contaminación por medio de gasolina ha disminuido en forma significativa en los últimos años.

Gasolina Magna

Caso contrario al de la gasolina nova, el crecimiento en el consumo de gasolina magna ha sido constante, registrando fuertes altas en el crecimiento anual.

En el periodo 1986-1999, el consumo pasó de 0.636 a 233.507 Peta Joules presentando una tasa de crecimiento anual del 57.51 por ciento, aumentando su participación del 0.34 por ciento en 1986 a más del 90 por ciento del consumo de gasolinas en 1999.

De 1986 a 1996, el consumo de magna aumentó más de 116 Peta Joules lo que le permitió registrar una tasa media de crecimiento anual del 68.43 por ciento. En el periodo 1996-1999, el consumo casi se duplicó al pasar de 116.859 a 233.506 Peta Joules presentando una baja natural en la dinámica del crecimiento al tener una tasa anual del 25.95 por ciento. De 1998 a 1999, el consumo de magna aumentó 11.877 Peta Joules (5.35 por ciento).

Gasolina Premium

La gasolina premium se ha visto favorecida por la política ambiental y de calidad en los combustibles. Su consumo comienza en 1996 con 0.9 MBD, aumentando a 3.3 MBD en 1997, a 7 MBD en 1998 a 9.2 MBD en 1999, lo que le permitió registrar una tasa anual del 117.03 por ciento y registrar un incremento del 31.43 por ciento de 1998 a 1999.

Las perspectivas en el consumo de premium son al alza, en la medida en que el diferencial del precio con la gasolina magna se vea reducido.

d) Combustibles industriales

Los combustibles industriales, que en este caso son combustibles líquidos, en la ZMVM han sido de los principales energéticos que han tenido una respuesta más condicionada a la política ambiental en su consumo.

Éste disminuyó radicalmente, ya que de presentar una cifra de 72.109 Peta Joules en 1989, en 1994 ésta fue de 25.450 Peta Joules, lo que representó una baja del 64.71 por ciento. Cabe mencionar que dicha baja se debió a que se eliminó el consumo de combustóleo en la ZMVM y a una mayor utilización del gas natural.

Durante 1999, el gasóleo participó con el 59 por ciento en el consumo de combustibles líquidos en la región, mientras que el restante 41 por ciento fue de diesel industrial.

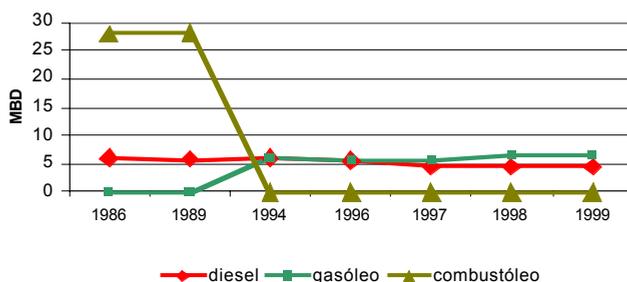
Cuadro 23
ZMVM: Consumo de combustibles industriales, 1986-1999
Peta Joules

Año	Consumo Total	Combustible		
		Diesel	Gasóleo	Combustóleo
1986	72 109	12 937	-	59 172
1989	72 109	12 301	-	59 808
1994	25 450	12 725	12 725	-
1996	23 330	11 665	11 665	-
1997	21 209	9 544	11 665	-
1998	23 329	9 332	13 998	-
1999	23 329	9 544	13 786	-
TMCA 1986-1999	-8.3%	-2.3%	-	-
TMCA 1986-1996	-10.6%	-1.0%	-	-
TMCA 1996-1999	0.0%	-6.5%	5.7%	-
TMCA 1998-1999	0.0%	2.3%	-1.5%	-

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

La tendencia en el consumo de combustibles industriales en la ZMVM ha sido a la baja. De 72.109 Peta Joules que se consumían en 1986, en 1999 sólo se consumieron 23.329 Peta Joules, lo que significó un decrecimiento anual del 9.07 por ciento. En el período 1986-1996, la baja en el consumo fue de 48.779 Peta Joules, con una tasa anual decreciente del 11.95 por ciento. En los últimos tres años, prácticamente permaneció estático el consumo de estos combustibles.

Gráfica 9
ZMVM: Consumo de combustibles industriales líquidos, 1986-1999



Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, Programa Universitario de Energía, UNAM.

Diesel industrial

En la gama de combustibles industriales líquidos, sólo el diesel industrial a tenido continuidad en su consumo, conteniendo las especificaciones adecuadas impuestas por las necesidades ambientales. De 1986 a 1999, la tasa anual del consumo decreció 2.37 por ciento, al pasar este de 12.937 a 9.544 Peta Joules. De 1986 a 1996, el consumo bajó 1.273 Peta Joules, presentando una tasa anual del -1.04 por ciento. En el periodo 1996-1999, el consumo de diesel se redujo significativamente al pasar de 11.665 a 9.544 MBD, registrando una tasa anual del -6.92 por ciento. Sin embargo, de 1998 a 1999, el consumo volvió a presentar una tasa positiva del 2.3 por ciento.

Las perspectivas para el consumo de diesel industrial señalan que éste combustible irá bajando su participación en la medida que otros energéticos, como el gas natural y el gasóleo, aumenten la suya.

Gasóleo

El gasóleo es el único de los combustibles industriales líquidos que ha incrementado su consumo en la ZMVM, sustituyendo, junto con el gas natural, al combustóleo.

De 1994 a 1999, el consumo registró una tasa de crecimiento anual del 1.93 por ciento, al pasar de 12.725 a 13.998 Peta Joules. En el periodo 1996-1999, el consumo aumentó 2.121 Peta Joules al registrar una tasa media de crecimiento anual del 5.73 por ciento.

El futuro del consumo de gasóleo en la zona, dependerá del avance en la capacidad de producción de éste combustible en el país.

Combustóleo

El consumo de combustóleo ha casi dejado de ser consumido por la industria, como parte de las medidas aplicadas para combatir la contaminación del aire en la región. Sólo en casos muy particulares y en forma muy limitada éste combustible registra algunos consumos.

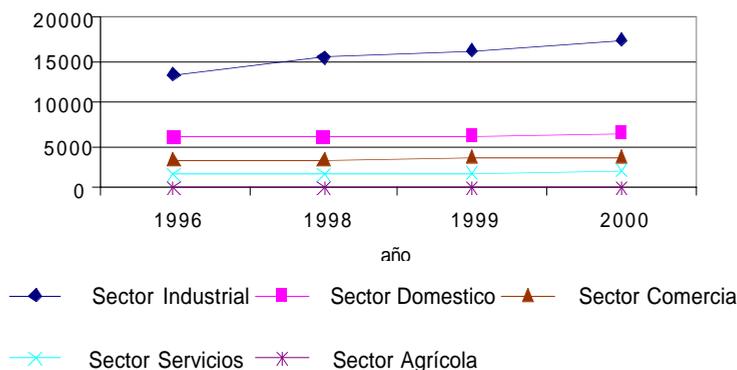
Electricidad

El consumo de electricidad en la ZMVM ha registrado una tendencia ascendente, impulsado por la diversificación energética en el sector industrial y por los incrementos en la demanda de los sectores transporte y residencial, comercial y público.

Cuadro 24
Balance de Energía Eléctrica, 1999–2000
GWh

	1999	2000
Generación	1 849	1 430
Hidroeléctrica	709	462
Termoeléctrica	1 140	968
Proveniente de otras regiones	34 631	37 218
Oferta	36 480	38 648
Diferencia Estadística	8 917	9 227
Consumo	27 563	29 421
Sector Industrial	16 155	17 365
Mediano	12 979	14 022
Grande	3 176	3 343
Sector Domestico	6 136	6 417
Sector Comercial	3 486	3 625
Sector Servicios	1 700	1 928
Sector Agrícola	86	86

Gráfica 10



ZMVM: Consumo de electricidad por sector

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética, Programa Universitario de Energía, UNAM.

En el período 1988-1999, el consumo de electricidad aumentó 7 405 GWh con una tasa media de crecimiento anual del 3.8 por ciento. De 1988 a 1996, el consumo pasó de 14 425 a 19,478 GWh, registrando un crecimiento anual del 3.8 por ciento. Entre 1996 y 1998, el crecimiento del consumo continuó con la misma dinámica al presentar una tasa media anual del 3.9 por ciento.

En 1999, el sector industrial fue el mayor consumidor de energía eléctrica en la zona, al participar con el 53 por ciento, seguido del sector residencial, comercial y público con el 42.4 por ciento, del sector transporte con el 4.5 por ciento y del sector agropecuario con el 0.1 por ciento.

Cuadro 25
ZMVM: Consumo de electricidad, 1988-1999
 GWh

Año	Consumo Total	Sector			
		Industrial	Transporte	Res.Com. y Pub.	Agropecuario
1988	14,425	7,652	433	6,324	16
1990	15,808	8,346	471	6,972	19
1994	18,795	9,287	796	8,696	16
1996	19,478	10,225	873	8,367	13
1998	21,132	11,576	972	8,568	16
1999	21,830	11,582	975	9,265	15
TMCA 1988-1999	3.8%	3.8%	7.7%	3.5%	-0.6%
TMCA 1988-1996	3.8%	3.7%	10.6%	3.6%	-2.6%
TMCA 1996-1999	3.9%	4.2%	3.7%	3.5%	4.9%
TMCA 1998-1999	3.3%	0.1%	0.3%	8.1%	-6.2%

Fuente. Cálculos propios en base al Sistema de Información Energética del Programa Universitario de Energía, UNAM.

Sector industrial

La dinámica en el crecimiento del consumo de electricidad del sector industrial dentro de la ZMVM ha sido constante. De 1988 a 1999, el consumo aumentó 6,930 GWh con una tasa media de crecimiento anual del 3.8 por ciento. En el periodo 1988-1996, el consumo pasó de 7,652 a 10,225 GWh al registrar una tasa anual del 3.7 por ciento. Sin embargo, la mayor tasa de crecimiento anual la presentó de 1996 a 1999 que fue del 4.2 por ciento, al aumentar el consumo 1,357 GWh. De 1998 a 1999, el consumo sólo aumentó 0.1 por ciento, al pasar de 11,582 a 11,576 GWh.

Las perspectivas en el consumo de electricidad por parte del sector industrial indican que continuará en ascenso en la medida que aumente la inversión, aunque con un menor dinamismo que en los últimos tres años.

Sector residencial, comercial y público

El consumo de electricidad en el sector Residencial, Comercial y Público en la región presenta un crecimiento continuo, vinculado principalmente al crecimiento de la población y al desarrollo de la actividad económica.

De 1988 a 1999, el consumo del sector pasó de 6,324 a 9,265 GWh, registrando una tasa media de crecimiento anual del 3.5 por ciento. Sin embargo, su mayor crecimiento anual lo presentó en el periodo 1988-1996 al registrar una tasa del 3.6 por ciento. De 1996 a 1999, la dinámica en el crecimiento del consumo fue continua al tener una tasa anual de 3.5 por ciento, al incrementarse tan solo 898 GWh.

Se espera que la actividad comercial y el incremento en la demanda de servicios, generen un mayor dinamismo en el consumo de electricidad por parte de este sector en los próximos años.

Sector transporte

El sector transporte también ha presentado una tendencia ascendente en el consumo de electricidad. Sin embargo, en la ZMVM esta condicionado al desarrollo del Sistema de Transporte Colectivo (metro), del sistema de trolebuses y de tren ligero.

De 1988 a 1999, el consumo pasó de 433 a 975 GWh presentando una tasa media anual del 7.7 por ciento. En el periodo 1988-1996, la tasa registrada fue del 10.6 por ciento al presentar un incremento de 440 GWh. De 1996 a 1999, el consumo de energía eléctrica aumentó casi 102 GWh, teniendo una tasa media anual del 3.7 por ciento.

Se espera que este sector continúe aumentando su demanda de electricidad en los próximos años, sobre todo si la política ambiental favorece el uso de este energético en los medios de transporte masivo de pasajeros.

Sector agropecuario

Este sector es el de menor uso de la energía eléctrica dentro de la zona y el consumo prácticamente se encuentra estancado. Las perspectivas del consumo de electricidad se ven sumamente limitadas y con tendencia a la baja en la

medida que el desarrollo urbano de la región continúe desplazando al medio rural. En el periodo 1988-2000, el consumo del sector ha oscilado entre 13 y 86 GWh.

8. Pronósticos

En el sector energía, es común hablar de largo plazo, ya que los períodos de maduración de un proyecto son grandes y la duración de una instalación es de 40 a 50 años.

Este carácter de largo plazo hace que necesitemos herramientas para planificar este sector.

En las gráficas siguientes se conceptualizan los análisis de energía-medio ambiente realizados para los pronósticos de energía medio ambiente en este trabajo. La visión contemplada para el sector energético a largo plazo, abarca tanto la oferta como la demanda, considerando la disponibilidad de recurso financiero y factores tecnológicos. El futuro no es uno solo, este se construye dependiendo de lo que hagamos.

El mundo, incluyendo México, está sufriendo grandes cambios, algunos de estos ocurren de manera abrupta y no continua, en muchas ocasiones tardamos tiempo en detectarlos. Las características de estos cambios son la interconexión y la complejidad que presentan.

A nivel internacional, la población mundial al año 2025 crecerá en 45 por ciento, siendo su principal crecimiento en los países en vías de desarrollo, donde tendremos los mayores cambios en el consumo de energía y contaminación. En estos países hay que resaltar que el cambio en la pirámide poblacional es una característica imperante, ya que su población está envejeciendo, y por lo tanto, sus patrones de consumo están cambiando, incrementándose así los consumos en los sectores transporte y servicios.

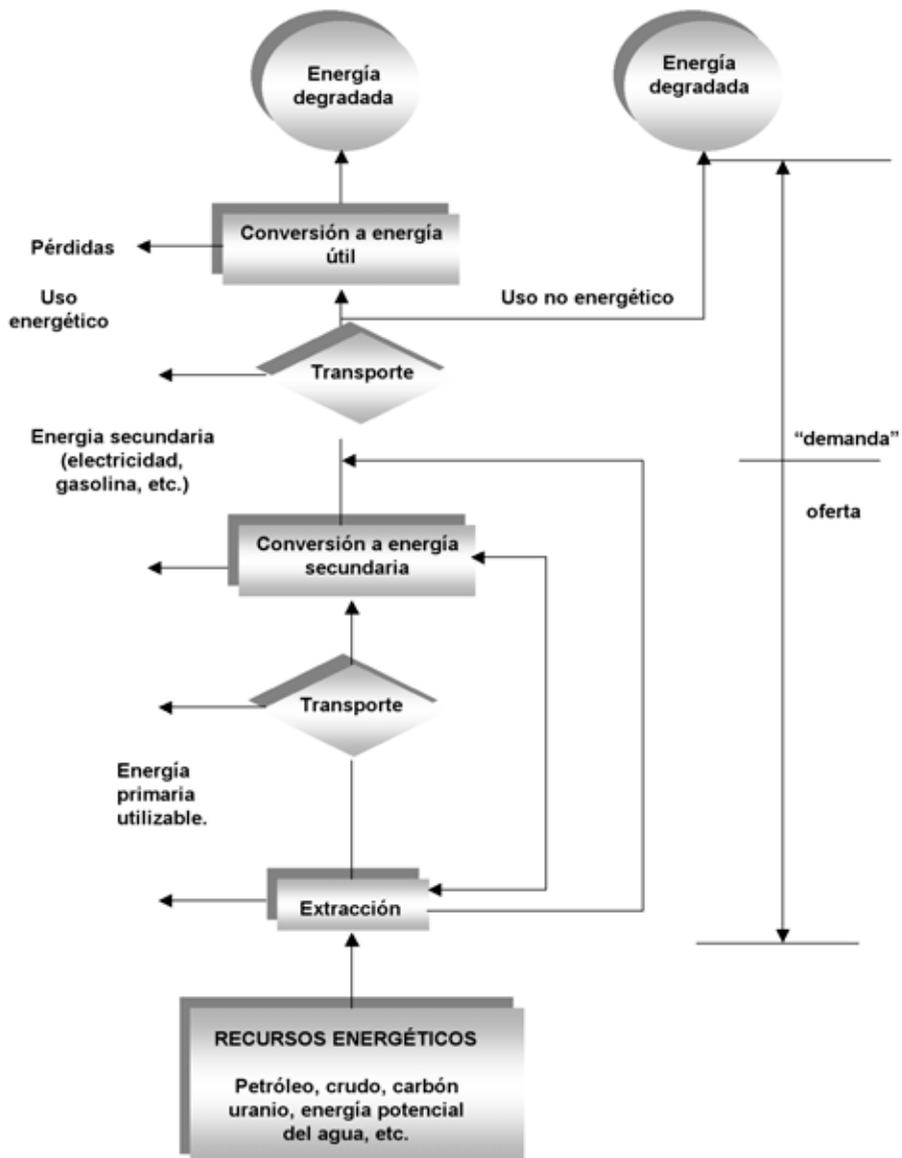
La brecha entre los países pobres y ricos se está haciendo cada vez más grande, con profundas diferencias ideológicas y culturales, lo que se vislumbra en el futuro como un mayor deterioro ambiental.

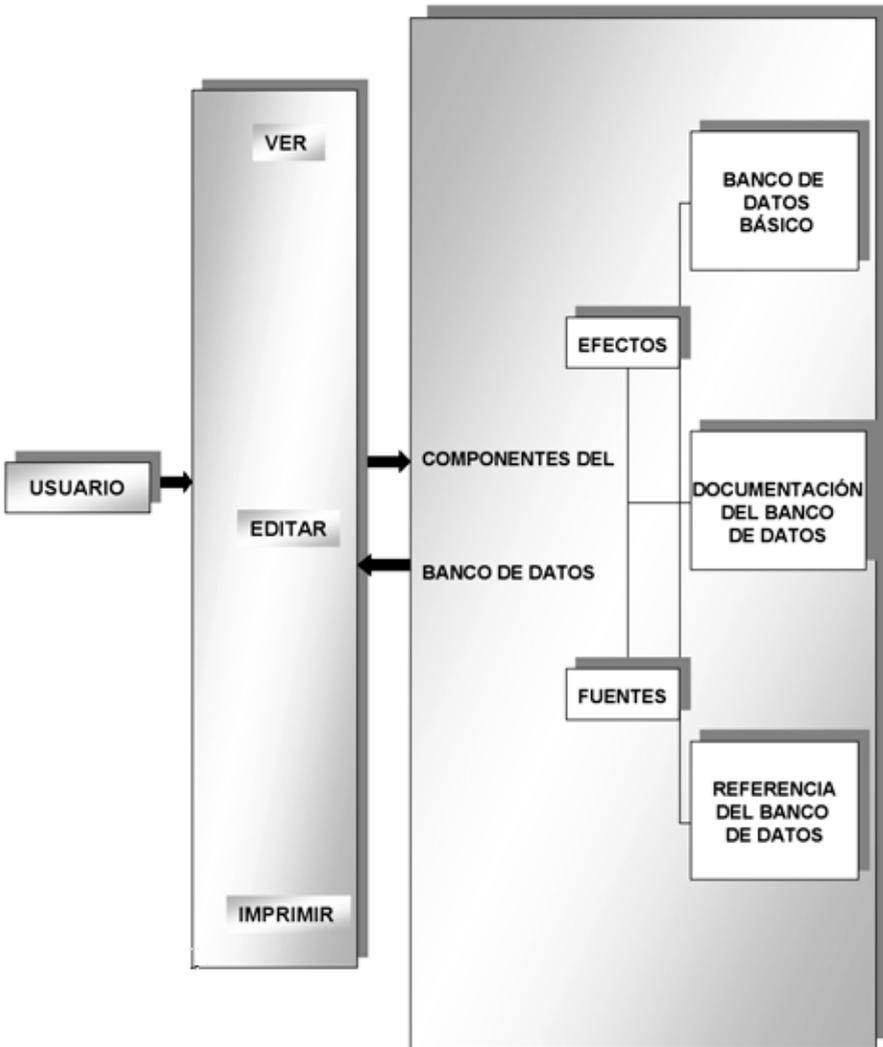
Las características de nuestro país en materia de energía son los de tener un bajo consumo de energía per cápita y con un uso eficiente de la misma, representado por el índice de intensidad energética. La población crecerá

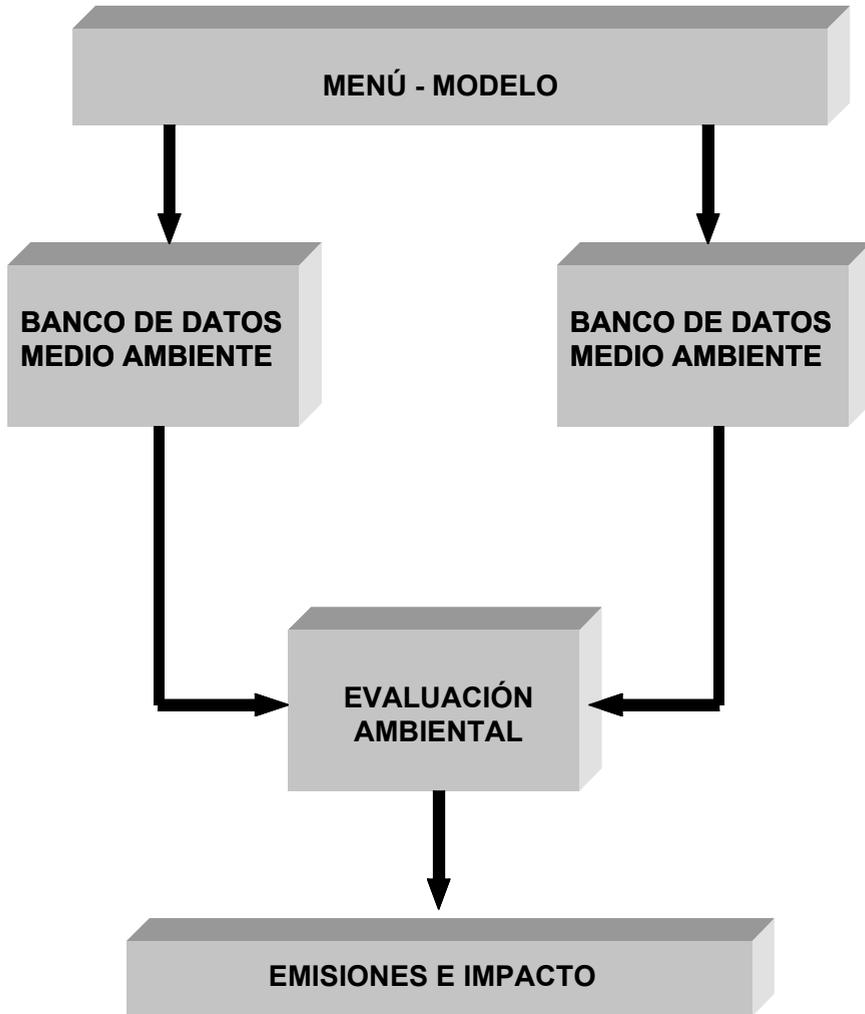
entre un 30 ó 35 por ciento para el año 2025 y, de acuerdo con nuestros pronósticos, el consumo de energía se multiplicará por cuatro, por lo que los retos para nuestro país son enormes; habrá un continuo proceso de urbanización, con grandes posibilidades de contar con un sector energético más eficiente, lo que se prevé en un mayor consumo de energía en el sector transporte, por las necesidades de movilidad de la población y con un sector secundario que irá perdiendo peso.

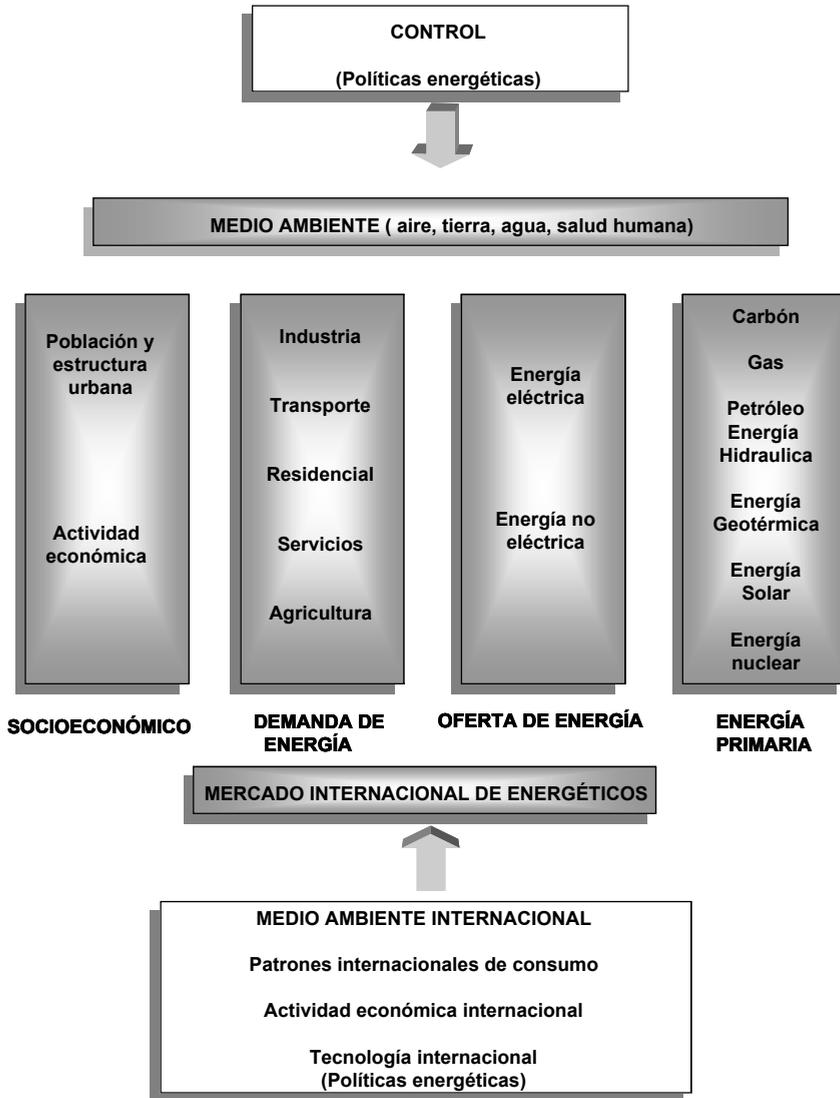
Con base en estos elementos y a la aplicación de varios modelos de pronósticos, basados en las tablas siguientes, fue la forma de obtener nuestros propios pronósticos.

a) Modelos









b) Caso base

Consumo nacional de energía
Petajoules

1998	1999	2005	2010	2015	2020
6 116.71	6 280.48	7 875	9 135	10 605	12 495
Tasa media anual					
Supuesto					
Tasa crecimiento económico		4.8%			

Caso 1					
Alto crecimiento					
		2005	2010	2015	2020
		8 190	9 870	13 020	14 385
Supuesto					
Tasa de crecimiento económico			5.8%		

Caso 2					
Bajo crecimiento					
		2005	2010	2015	2020
		7 560	8 505	9 555	10 920
Supuesto					
Tasa de crecimiento económico			3.8% PBT		

c) Pronósticos de la ZMCM

Zona metropolitana
Pronósticos en Petajoules
Consumo final

Años								
	<i>2005</i>		<i>2010</i>		<i>2015</i>		<i>2020</i>	
Sector transporte	(48.3%)	334.15	(48.6%)	393.02	(49.5%)	464.50	(49.4%)	548.95
Sector industrial	(25%)	173.34		197.72		222.56	(22.9%)	254.79
Sector residencial	(18%)	125.78		150.69		178.45	(19.7%)	7.09
Sector comercial		51.31		57.54		62.37		72.58
Sector público		5.94	58.34	7.21	66.13	8.48	72.36	13.21
Sector agropecuario		1.10		1.38		1.51		2.18
Uso final		691.62		807.55		937.87		1110.89

Tendencial o referencia

Capítulo III

EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

Capítulo III

EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

A. Generalidades

Lo que hace posible la vida en la Tierra es su atmósfera. Esta es una capa relativamente delgada de gases, la cual rodea y envuelve al planeta.

Gracias a esta capa de gases, cuya constitución original es de 78 por ciento Nitrógeno (N_2), 21 por ciento Oxígeno (O_2) y uno por ciento de gases residuales (vapor de agua, CO_2 , CO , NO_x , etc.), las condiciones en la Tierra son favorables para la vida. Su función es, entre otras: filtrar las radiaciones que llegan del Sol a la Tierra y las cuales podrían ser dañinas para los seres vivos, así como proveer el principal comburente a los seres humanos el Oxígeno (O_2) y sobre todo; mantener la temperatura de la Tierra.

La temperatura de la tierra se mantiene debido a un proceso conocido como Efecto Invernadero, el cual se debe a la difracción de los gases de la atmósfera, lo cual permite dejar pasar la radiación solar hacia el interior de la atmósfera, pero no permite que el total de dicha radiación sea reemitida al espacio, la diferencia de calor entre la radiación admitida y emitida es el calor que se atrapa, siendo este proceso similar al de los paneles de cristal o de plástico que se usan en los invernaderos (de ahí su nombre), para la producción y adaptación de vegetales o plantas, en un medio diferente a su hábitat común.

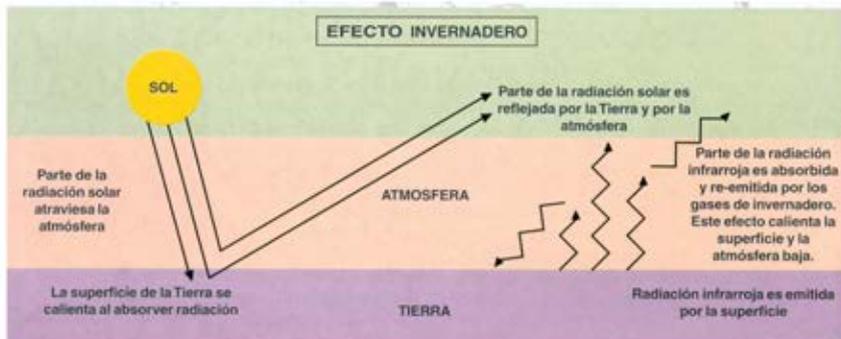


Figura 2. Efecto invernadero (1)

El efecto invernadero es un proceso natural gracias al cual la vida existe sobre la superficie de la tierra (2). La atmósfera actúa como un cobertor que atrapa la radiación infrarroja e incrementa la temperatura promedio de - 18 C (glaciación permanente) a un valor mundial promedio de 15 C. Hay que aclarar que las variaciones locales y estacionales tienen un rango mucho mayor para permitir la biodiversidad existente en el planeta.

La variación en el promedio global de temperatura, cuando se da a la baja ocasiona las glaciaciones y si es a la alza provoca grandes fenómenos naturales como huracanes, tormentas y lluvias torrenciales.

La temperatura media global en el siglo XX aumentó entre 0.6 y 0.2 grado debido a la acumulación de gases de invernadero, que no se produjeron por causas naturales. Analizando este incremento de temperatura se ha encontrado que ha sido el más pronunciado en mil años anteriores.

En los últimos 50 años se ha presentado una reducción en la frecuencia de temperaturas extremadamente bajas, y un aumento en la temperaturas extremadamente altas. La cobertura de nieve disminuyó 10 por ciento desde 1960 y se redujo en dos semanas el periodo promedio en el que lagos y ríos permanecen congelados en el hemisferio norte. Hay también una reducción importante en todos los glaciares fuera de los círculos polares en el siglo XX.

La capa de hielo en los mares en el hemisferio norte redujo entre 10 y 15 por ciento en el último medio siglo. El espesor de la capa de hielo en el Ártico se redujo 40 por ciento en el mismo periodo. En el siglo XX el nivel promedio del mar aumentó entre 0.1 y 0.2 metros debido a la expansión térmica de la masa de agua y el proceso de deshielo.

Los episodios de calentamiento de la superficie del Océano Pacífico tropical asociados con el Niño han sido más frecuentes, intensos y persistentes en las últimas tres décadas que en los últimos cien años.

En el transcurso de millones de años los fenómenos naturales y las actividades de los seres vivos han alterado la composición de la atmósfera terrestre ya sea emitiendo o secuestrando grandes cantidades de Carbono, (el incremento o abatimiento de la concentración de Bióxido de Carbono y el resto de los gases residuales que se conocen como gases trópicos activos o de efecto invernadero) modificando la opacidad de la atmósfera lo cual permite enfriamientos o calentamientos de la superficie terrestre, a este fenómeno se le conoce como CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL.

Las emisiones de bióxido de carbono (CO_2) debido al uso de combustibles fósiles continuarán siendo el factor dominante en la acumulación de este gas en la atmósfera a lo largo del siglo XXI. Y para el año 2100 las concentraciones de CO_2 en la atmósfera alcanzarán niveles entre 540 y 970 partes por millón (ppm). Estos niveles son entre 90 y 250 por ciento superiores a la concentración observada de 280 ppm en el año 1751.

Entre 2000 y 2100 se producirá un aumento en la temperatura global de entre 1.4 y 5.8 grados, provocando perturbaciones extraordinariamente en lluvias, tormentas, nivel del mar y daños a la salud humana y la agricultura. Este incremento en la temperatura no tiene precedentes en los últimos 10 mil años.

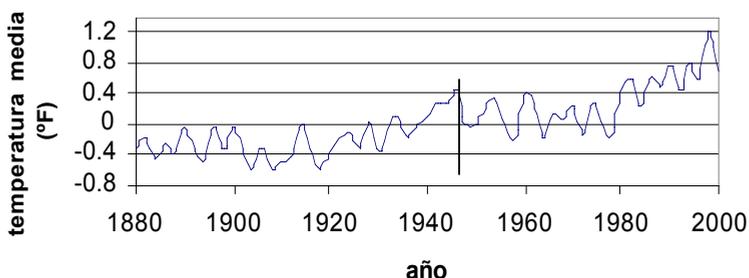
Tomando en cuenta estos datos, vale preguntarse si el rescate del Protocolo de KIOTO no se realizó a costa de su integridad.

El proceso que es el principal causante en la concentración de gases de efecto invernadero de acuerdo a soporte científico se debe a la combustión de combustibles fósiles y al desarrollo de las actividades humanas. Por ejemplo en los Estados Unidos la quema de combustibles fósiles es la responsable del 98 por ciento de las emisiones de CO_2 , 24 por ciento de las emisiones de CH_4 y 18 por ciento de las emisiones de ácido nitroso.

Se considera que las concentraciones de gases residuales en la atmósfera han variado por las actividades antropogénicas, ya que solo en el año 2000 se emitieron seis mil millones (6,000,000,000) de toneladas de Carbono, lo cual concuerda con el aumento de la temperatura promedio global, ver gráfica siguiente.

Gráfica 11

Cambio de Temperatura Global (1880 - 2000)



Fuente. EPA Global Warming
(<http://www.epa.gov/globalwarming/climate/index.html>).

Los gases de efecto invernadero difieren en su posibilidad de atrapar calor en la atmósfera, así tenemos que los más potentes absorbedores son los HFCs y PFCs¹, así como el metano que atrapa 21 veces más de calor por moléculas que el bióxido de carbono y el óxido nitroso absorbe 270 veces más calor que el bióxido de Carbono (CO_2).

Como sabemos los países industrializados son los mayores emisores de CO_2 , sin embargo, hay que mencionar que estos países están realizando importantes esfuerzos para disminuirlos como se puede observar a continuación.

¹ Hidrofluorocarbonados (HFCs) y Polifluorocarbonados (PFCs) y Hexafluoruro de Azufre (SF_6).

Cuadro 26
Emisiones Internacionales de CO₂ por región

Región	1971 (%)	1996 (%)	1999 (%)
OECD	64.00	53.00	53.00
China	6.00	14.00	13.00
Ex Unión Soviética	16.00	10.00	10.00
Asia	3.00	9.00	9.00
América Latina	3.00	4.00	4.00
Africa	2.00	3.00	3.00
Medio Oriente	1.00	4.00	4.00
Otros	5.00	3.00	4.00
Total	100.00	100.00	100.00

En los países en vías de desarrollo, esta situación del comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero es similar a la de los países industrializados, ya que este crecimiento ha sido importante y el parámetro de emisiones de CO₂ por unidad de energía, es aproximadamente 20 por ciento más alto que en los países industrializados.

Si se comparan las emisiones de CO₂ con países industrializados observamos que en la relación de emisiones de CO₂ tonelada equivalente al petróleo o sea energía este indicador es comparable con estos países y si los hacemos con respecto al CO₂/PIB hay un indicador desfavorable para México (3) que sugiere que México tiene un alto potencial de emisiones de CO₂ por unidad de PIB.

El aumento de la concentración de gases de efecto de invernadero en la atmósfera constituye la causa principal del calentamiento de la Tierra.

B. Situación internacional

La producción y el uso de energía afectan al medio ambiente de diferentes formas. El impacto ambiental de las actividades de energía varía con los niveles del uso total de energía y con la mezcla de fuentes de energía que se usen, sabemos que el uso de combustibles y tecnologías limpias pueden ayudar a reducir estos impactos. Actualmente el tema de cambio climático ocupa el primer lugar en las agendas políticas, reconociendo que el sector energético juega un papel de primera importancia en el tema.

La demanda de energía como sabemos, se ve influenciada por factores tales como el crecimiento y la estructura de la actividad económica y en lo que respecta al propio sector energía por la eficiencia energética, la mezcla energética, los precios de la energía, el cambio tecnológico entre otros factores.

En los últimos 25 años los países miembros de la OCDE han tenido éxito en disminuir la energía necesaria para producir bienes y servicios, mediante un adecuado proceso de planeación, constituyendo la información estadística fundamental para desarrollar sus indicadores energéticos ambientales, usando estos indicadores en análisis y evaluación de sus políticas.

De la experiencia obtenida, la OCDE ha desarrollado una lista de indicadores fundamentales que a lo largo del tiempo han probado su eficacia.

Estos indicadores proporcionan la base del desarrollo sustentable seleccionado: nueve indicadores, tres de ellos reflejan tendencias significativas ambientales, tres indicadores que reflejan los impactos ambientales y los otros tres reflejan los elementos clave de la economía y la política y se proporcionan en el siguiente cuadro.

Cuadro27
Indicadores clave de energía – medio ambiente

Indicadores Ambientales Sectoriales		<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad Energética • Mezcla Energética • Uso Energético
Interacciones con el Ambiente		<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del Aire • Contaminación del Agua • Residuos
Aspectos Económicos		<ul style="list-style-type: none"> • Gastos del Sector Energía • Precios e Impuestos de Energía • Subsidios

Con el objeto de desarrollar algunos indicadores para la Zona Metropolitana y sus comparaciones a nivel nacional e internacional, a continuación se presenta la información básica estadística obtenida de datos de la OCDE a nivel internacional.

Cuadro 28
Producción de energía

	<i>Total</i>		<i>Nuclear</i>		<i>Carbón</i>		<i>Petróleo</i>		<i>Gas Natural</i>		<i>Otros</i>	
	<i>Mtep²</i>	<i>Cambio 1999-89 %</i>										
Australia	210.76	45.6			151.60	50.6	25.73	1.0	26.62	97.4	6.80	31.6
Austria	9.71	13.4			0.31	-43.3	1.02	-16.8	1.48	30.2	6.90	22.0
Bélgica	13.58	4.7	12.77	18.9	0.22	-87.8				-96.7	0.58	33.4
Canadá	362.88	32.4	19.15	-10.2	39.16	0.6	117.51	24.5	144.87	69.1	42.18	25.3
Rep. Checa	27.54	-35.1	3.48	7.6	22.75	-41.1	0.39	72.8	0.17	-14.3	0.74	423.7
Dinamarca	23.64	157.8					14.86	175.3	6.94	158.2	1.85	70.1
Finlandia	15.47	32.8	5.99	20.4	2.01	38.7	0.08				7.38	41.3
Francia	127.54	17.7	102.89	29.9	3.50	-60.5	1.85	-52.0	1.60	-38.7	17.70	27.8
Alemania	132.96	-33.7	44.30	4.9	62.18	-53.1	3.43	35.5	16.70	15.6	6.34	8.3
Grecia	9.81	10.6			8.28	16.3	0.01	-98.4	0.00	-98.1	1.51	117.5
Hungría	11.49	-28.4	3.67	1.5	3.00	-37.7	1.78	-24.5	2.62	-44.4	0.41	-20.9
Islandia	2.27	73.1									2.27	73.1
Irlanda	2.51	-33.2			1.5	-38.0			1.10	-40.1	0.26	330.6
Italia	28.09	9.2				-99.3	4.65	-2.2	14.32	4.1	8.12	35.1
Japón	104.22	45.6	82.51	73.1	2.15	-62.7	0.75	13.7	2.01	13.5	16.80	6.8
Corea	31.85	42.8	26.86	117.6	1.89	-80.3	0.45				2.66	573.7
Luxemburgo	0.04	27.0									0.04	27.1

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Continuación...

	<i>Total</i>		<i>Nuclear</i>		<i>Carbón</i>		<i>Petróleo</i>		<i>Gas Natural</i>		<i>Otros</i>	
	<i>Mtep²</i>	<i>Cambio 1999-89 %</i>										
México	220.13	14.6	2.61	+	4.75	56.8	166.50	7.6	30.47	47.8	15.80	15.7
Holanda	59.05	-0.8	1.00	-4.7		2.61	-33.0	54.10	-0.2	1.34	257.3	
Nueva Zelanda	15.14	31.7			2.21	44.3	2.29	21.2	4.81	23.6	5.83	39.3
Noruega	209.45	82.2			0.24	5.3	153.41	99.4	44.11	62.2	11.69	5.3
Polonia	84.25	-28.3			76.31	-31.3	0.53	188.6	3.10	-10.4	4.31	55.5
Portugal	1.94	11.3									1.94	18.5
España	30.70	-11.2	15.34	4.9	8.60	-27.6	0.30	-77.6	0.13	-90.8	6.32	20.1
Suecia	34.49	19.0	19.07	11.6	0.25	29.7					15.16	29.7
Suiza	11.81	26.1	6.75	13.1							5.05	49.3
Turquía	27.29	7.4			13.81	7.9	3.01	2.3	0.60	320.1	9.88	3.5
Reino Unido	285.38	36.0	25.09	34.2	23.20	-59.6	145.58	52.4	89.10	140.5	2.41	128.4
Estados Unidos	1,684.69	4.3	201.16	37.6	552.35	7.5	370.26	-16.6	438.41	7.7	122.51	17.7
G7	2,724.76	8.8	475.11	33.7	682.55	-9.9	644.02	-0.7	707.01	25.7	216.08	19.9
Eu-15	773.91	7.0	226.46	20.1	109.72	-51.1	174.39	42.6	185.48	43.4	77.86	32.1
OECD TOTAL	3,777.67	11.7	572.65	33.4	979.95	-8.0	1,016.99	9.8	883.29	26.7	324.79	22.8

Fuente. OCDE y Programa Universitario de Energía.

Cuadro 29
Consumo de energía y generación de electricidad, 1999

	Consumo final de energía por sector								Producción total de electricidad	
	Total		Industria		Transporte		Otros		TWh	Cambio 1999-89 %
	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %		
Australia									199.7	35.7
Austria									59.1	20.0
Bélgica									83.4	24.6
Canadá									576.5	15.4
Rep. Checa									63.7	-2.2
Dinamarca	15.64	18.8	3.27	11.6	5.04	11.4	7.33	28.3	38.9	74.3
Finlandia									69.6	29.4
Francia									519.0	28.6
Alemania	239.74	-3.7	76.36	-20.5	68.67	19.6	94.74	-0.8	551.3	-1.1
Grecia	18.99	28.2	4.71	0.6	7.67	36.3	6.62	46.7	49.4	44.4
Hungría	17.09	-24.0	4.62	-50.2	3.33	1.3	9.15	-8.0	37.2	25.6
Islandia	2.15	26.0	0.75	72.4	0.34	16.5	1.05	8.1	7.2	58.4
Irlanda	10.59	41.6	2.68	3.3	3.79	90.6	4.13	42.3	21.8	61.1
Italia									259.3	25.2
Japón	341.99	20.6	144.04	10.1	93.89	32.5	104.06	26.9	1,057.0	33.2
Corea	125.04	115.6	56.61	144.5	28.13	118.8	40.30	83.2	265.0	180.5

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

	Consumo final de energía por sector								Producción total de electricidad	
	Total		Industria		Transporte		Otros			
	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	Mtep ²	Cambio 1999-89 %	TWh	Cambio 1999-89 %
Luxemburgo	3.43	22.2	0.94	-30.3	1.76	101.8	0.74	24.2	0.4	-43.4
México									192.2	63.3
Holanda	57.89	15.3	21.64	6.7	14.19	35.8	22.06	13.4	86.7	18.7
Nueva Zelanda	13.00	38.5	5.57	45.9	4.83	42.0	2.60	20.0	38.1	20.7
Noruega									122.1	2.7
Polonia									139.8	-2.5
Portugal	17.81	47.1	7.46	26.5	6.25	71.2	4.10	60.0	42.9	68.0
España	83.47	38.7	30.27	22.9	32.96	49.6	20.25	49.8	206.3	40.1
Suecia	35.42	8.7	13.70	3.9	8.32	4.1	13.40	17.5	155.2	8.6
Suiza	21.41	13.0	4.61	18.5	6.95	15.8	9.85	8.7	68.5	27.5
Turquía									116.6	124.0
Reino Unido									355.5	14.0
Estados Unidos									3852.6	23.2
G7									7171.2	21.5
Eu-15									2498.8	18.5
OECD TOTAL									9234.8	25.0

Fuente. OCDE y Programa Universitario de Energía.

Cuadro 30
Medio ambiente y recursos

	Tierra				Bosques			Especies amenazadas		Agua		
	Superficie total miles de Km ²	Principales zonas protegidas ² % de la superficie total	Uso de fertilizantes nitrogenados ton por km ² de tierra cultivable	Uso de plaguicidas ton por km ² de tierra cultivable	Superficie boscosa % de la superficie total	Uso de recursos boscosos cosecha/ crecimiento anual	Importaciones de maderas tropicales ⁴ USD per cápita	Mamíferos % de especies conocidas	Aves % de especies conocidas	Uso de agua % de la disponibilidad anual bruta	Pesca total % de la pesca mundial	Plantas publicas de tratamiento % de la población conectada
Australia	7,713	7.7	1.7	0.2	19	0.6	4.6	15	6	4	0.2	
Austria	84	29.2	8.7	0.2	48	0.6	0.2	35	37	3		75
Bélgica	31	2.8	18.4	0.9	22	0.9	11.8	32	28	42		27
Canadá	9,971	9.6	3.9	0.1	45	0.4	0.8	19	11	2	1.0	78
Rep. Checa	76	16.2	6.6	0.1	34	0.7	0.1	33	56	16		59
Dinamarca	43	32.0	11.0	0.2	11	0.6	4.4	24	11	16	2.0	87
Finlandia	338	8.4	7.2		76	0.8	1.9	12	7	2	0.2	77
Francia	549	10.1	13.3	0.6	31	0.7	7.1	20	14	24	0.6	77
Alemania	357	26.9	15.8	0.3	30	0.4	2.0	37	29	24	0.3	89
Grecia	132	2.6	7.6	0.3	23	0.6	3.4	38	13	12	0.2	45
Hungría	93	91.	6.0	0.1	19	0.6	0.1	71	19	5		22
Islandia	103	9.5	9.4		1		4.0		13		2.4	16
Irlanda	70	0.9	47.4	0.3	9	0.6	10.1	6	22	3	0.3	61
Italia	301	7.3	7.7	0.8	23	0.3	6.6	32	25	32	0.4	61
Japón	378	6.8	11.1	1.5	67	0.3	18.4	8	8	21	6.3	55
Corea	99	6.9	23.4	1.3	65	0.1	11.1	17	15	36	2.4	53

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Continuación...

	Tierra				Bosques			Especies amenazadas		Agua		
	Superficie total miles de Km ²	Principales zonas protegidas ² % de la superficie total	Uso de fertilizantes nitrogenados ton por km ² de tierra cultivable	Uso de plaguicidas ton por km ² de tierra cultivable	Superficie boscosa % de la superficie total	Uso de recursos boscosos cosecha/ crecimiento anual	Importaciones de maderas tropicales ¹ USD per cápita	Mamíferos % de especies conocidas	Aves % de especies conocidas	Uso de agua % de la disponibilidad anual bruta	Pesca total % de la pesca mundial	Plantas publicas de tratamiento % de la población conectada
Luxemburg	3	6.5			34	0.5		52	50	3		88
México	1,958	8.2	4.7	0.1	33	0.2	0.1	33	17	17	1.6	22
Holanda	42	11.6	35.6	1.1	9	0.6	17.3	16	27	5	0.5	97
Nueva Zelanda	270	23.5	37.4	0.9	30	0.6	2.6	15	25	1	0.6	80
Noruega	324	24.2	12.4	0.1	39	0.4	4.5	6	8	1	3.1	73
Polonia	310	9.4	6.3	0.1	30	0.6	0.2	15	17	19	0.4	47
Portugal	92	6.6	4.4	0.4	38	0.8		17	14	15	0.2	55
Rep. Eslovaca	49	21.6	4.5	0.2	42	0.5	19.9	64	35	2		49
España	506	8.4	5.5	0.2	32	0.5	6.2	21	14	37	1.2	48
Suecia	450	8.1	6.4	0.1	74	0.7	2.0	18	9	2	0.4	96
Suiza	41	18.0	12.8	0.4	32	0.5	0.5	34	43	5		94
Turquía	779	3.8	5.2	0.1	27	0.4	0.9	22	7	15	0.5	12
Reino Unido	245	20.4	20.1	0.6	10	0.7	3.3	22	7	15	1.0	88
Estados Unidos	9,364	21.2	6.3	0.2	33	0.6	1.6	11	7	20	5.4	71
G7	21,164	15.1	7.3	0.3	39	0.5	5.8			13	14.9	71
OECD EUROPA	5,024	11.6	9.2	0.3	35	0.6	4.3			14	13.5	92

	Tierra				Bosques			Especies amenazadas		Agua		
	Superficie total miles de Km ²	Principales zonas protegidas ² % de la superficie total	Uso de fertilizantes nitrogenados ton por km ² de tierra cultivable	Uso de plaguicidas ton por km ² de tierra cultivable	Superficie boscosa % de la superficie total	Uso de recursos boscosos cosecha/ crecimiento anual	Importaciones de maderas tropicales ¹ USD per cápita	Mamíferos % de especies conocidas	Aves % de especies conocidas	Uso de agua % de la disponibilidad anual bruta	Pesca total % de la pesca mundial	Plantas publicas de tratamiento % de la población conectada
Eu-15	3,242	11.9	11.3	0.4	38	0.6	5.7			21	7.1	73
OECD TOTAL	34,777	12.6	6.5	0.2	34	0.5	5.1			12	30.9	59

Fuente. OCDE y Programa Universitario de Energía.

Cuadro 31
Medio ambiente: emisiones y contaminación

	Aire		Desechos			Gastos para el control y lucha contra la contaminación		
	Óxidos de azufre kg Per capita	Óxidos de nitrógeno kg per cápita	Desechos generados			Gasto total % del PIB	Inversión total % de la inversión nacional	Presupuesto gubernamental para I-D % del presupuesto gubernamental total para I-D
			Desechos industriales por unidad de PIB toneladas por millón de USD	Desechos municipales kg per cápita	Desechos nucleares por unidad de energía toneladas por Mtep			
Australia	101	118	107	690		0.8	1.8	2.7
Austria	7	21	65	510		1.7	3.5	2.2
Bélgica	24	33	62	480	2.8	0.9		1.7
Canadá	90	68		500	6.5	1.14	2.7	4.0

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

	Aire		Desechos			Gastos para el control y lucha contra la contaminación		
	Óxidos de azufre kg Per capita	Óxidos de nitrógeno kg per cápita	Desechos generados			Gasto total % del PIB	Inversión total % de la inversión nacional	Presupuesto gubernamental para I-D % del presupuesto gubernamental total para I-D
			Desechos industriales por unidad de PIB toneladas por millón de USD	Desechos municipales kg per cápita	Desechos nucleares por unidad de energía toneladas por Mtep			
Rep. Checa	68	41	292	310	1.0	2.0	4.6	5.4
Dinamarca	21	47	22	560		0.9		3.7
Finlandia	20	51	119	410	2.2	1.1	2.5	2.3
Francia	16	29	84	590	4.6	1.4	2.0	2.2
Alemania	16	22	38	460	1.3	1.5	2.6	3.7
Grecia	48	35	47	370		0.8	1.7	3.9
Hungría	65	19	72	490	3.2	0.7	2.8	
Islandia	32	106	1	650				2.9
Irlanda	49	34	66	560		0.6		1.6
Italia	23	31	19	460		0.9	2.2	2.5
Japón	7	11	49	400	1.8	1.6	3.4	0.6
Corea	33	28	56	400	3.2	1.7	2.4	
Luxemburgo	8	40	136	590				
México	24	17	50	310	0.1	0.8		1.0
Holanda	8	28	26	560	0.2	1.8	2.3	4.0
Nueva Zelanda	12	46	29	350				0.8

	Aire		Desechos			Gastos para el control y lucha contra la contaminación		
	Óxidos de azufre kg Per capita	Óxidos de nitrógeno kg per cápita	Desechos generados			Gasto total % del PIB	Inversión total % de la inversión nacional	Presupuesto gubernamental para I-D % del presupuesto gubernamental total para I-D
			Desechos industriales por unidad de PIB toneladas por millón de USD	Desechos municipales kg per cápita	Desechos nucleares por unidad de energía toneladas por Mtep			
Noruega	7	51	27	600		1.2		3.0
Polonia	61	30	73	320		1.1	6.5	
Portugal	38	37	3	440		0.9	2.4	5.1
Rep. Eslovaca	49	32	24	390	0.9	0.8	2.0	2.6
España	38	23		340				
Suecia	10	38	86	360	4.5	1.2	1.8	0.8
Suiza	5	18	8	600	2.4	1.6	3.3	0.9
Turquía	30	15	87	330				
Reino Unido	34	35	53	480	3.7	1.0	1.2	2.3
Estados Unidos	69	80		720	0.9	1.6	3.5	0.9
G7	41	47	75	570	1.7			
OECD EUROPA	30	28	52	450	2.0			
Eu-15	25	30	46	480	2.1			
OECD TOTAL	39	41	71	500	1.6			

Fuente. OCDE y Programa Universitario de Energía.

Cuadro 32
Emisiones de CO₂

Emisiones de CO₂ por combustión													
	Total millones de toneladas de CO ₂	Por tipo de combustible Millones de toneladas de CO ₂			Por sector Millones de toneladas de CO ₂						CO₂ STEP	CO₂ PIB	CO₂ Habitantes
		Carbón	Petróleo	Gas	Producción pública de electricidad y calor	Industria	Transporte		Residencial	Otros			
							Carretero	Otros					
Australia	310.7	179.0	90.4	41.3	156.9	50.5	62.2	8.9	6.8	25.4	70.67	0.81	16.57
Austria	61.6	12.5	33.6	15.5	9.3	13.2	17.6	1.4	11.2	8.9	51.08	0.33	7.63
Bélgica	122.5	33.1	60.8	28.6	23.0	30.9	23.0	1.5	21.5	22.6	50.13	0.55	12.00
Canadá	477.3	113.9	207.1	156.3	117.9	92.2	112.6	35.3	38.6	80.6	48.65	0.72	15.75
Rep. Checa	120.8	81.9	21.0	18.0	53.2	27.0	10.1	0.7	7.5	22.3	70.30	4.57	11.73
Dinamarca	57.3	21.8	25.6	9.9	27.8	5.6	11.1	1.1	4.9	6.9	65.77	0.35	10.81
Finlandia	59.7	22.2	29.7	7.8	18.2	14.2	11.0	0.9	4.5	10.9	42.63	0.40	11.59
Francia	375.5	64.8	234.4	76.3	28.2	81.5	125.4	7.5	56.2	76.7	35.08	0.28	6.38
Alemania	857.0	333.0	355.8	168.3	294.9	133.5	168.2	5.2	133.1	122.2	59.42	0.46	10.45
Grecia	82.6	36.9	44.2	1.5	39.4	10.8	15.5	4.1	7.2	5.6	73.15	0.85	7.86
Hungría	57.4	16.7	18.1	22.6	22.5	8.8	8.2	0.3	8.0	9.7	54.30	1.62	5.68
Islandia	2.1	0.3	1.8	0.0	0.0	0.6	0.6	0.1	0.0	0.8	19.15	0.28	7.69
Irlanda	38.4	11.9	20.3	6.2	14.6	4.6	8.2	0.5	5.9	4.6	69.21	0.47	10.36
Italia	426.0	44.8	262.4	118.7	101.0	80.9	109.7	3.1	68.2	63.1	60.59	0.36	7.48
Japón	1,128.3	319.4	669.7	139.2	299.7	247.8	220.8	28.5	70.4	261.2	52.83	.34	8.92

Emisiones de CO₂ por combustión													
	Total millones de toneladas de CO₂	Por tipo de combustible			Por sector						CO₂ STEP	CO₂ PIB	CO₂ Habitantes
		Millones de toneladas de CO₂			Millones de toneladas de CO₂								
		Carbón	Petróleo	Gas	Producción pública de electricidad y calor	Industria	Transporte		Residencial	Otros			
						Carretero	Otros						
Corea	370.1	128.4	212.5	29.2	85.0	68.2	53.9	19.9	17.5	125.6	54.11	0.96	7.97
Luxemburgo	7.2	0.4	5.3	1.5	0.0	1.5	3.8	0.0	1.6	0.2	51.68	0.45	10.85
México	356.3	26.5	257.2	72.6	101.0	71.1	94.9	1.7	21.9	65.8	57.56	1.07	3.72
Holanda	171.4	33.4	58.3	79.7	48.0	35.5	28.6	2.5	19.1	37.6	55.1	0.49	10.92
Nueva Zelanda	30.5	4.8	17.3	8.4	3.5	7.7	6.6	5.2	0.5	7.0	42.51	0.59	8.05
Noruega	34.3	4.4	19.9	10.1	0.2	7.3	9.5	2.9	1.0	13.5	32.26	0.22	7.77
Polonia	320.2	249.9	49.4	20.9	154.9	57.7	25.7	0.7	31.5	49.7	79.29	4.10	8.28
Portugal	54.3	12.0	40.7	1.6	16.4	12.0	15.0	0.9	2.0	7.9	59.40	0.65	5.45
Rep. Eslovaca	37.3	17.5	6.8	12.9	10.4	13.4	3.6	0.1	3.9	5.8	52.63	2.36	6.91
España	254.0	67.0	160.2	26.7	64.6	52.0	73.5	11.8	15.3	36.7	53.79	0.44	6.45
Suecia	53.5	10.5	41.4	1.7	7.9	11.1	19.5	2.0	4.2	8.8	24.36	0.21	6.05
Suiza	40.8	0.4	31.9	5.5	0.4	5.1	14.8	0.3	12.2	8.0	36.64	0.17	5.74
Turquía	187.5	88.3	78.7	20.5	52.3	49.8	27.1	5.0	22.6	30.5	61.76	0.90	2.89
Reino Unido	549.5	156.7	208.3	184.5	160.2	77.7	115.3	17.3	81.5	97.6	56.36	0.49	9.28
Estados Unidos	5,409.7	2,009.7	2,240.9	1,159.2	2,043.5	554.9	1,370.4	266.1	337.0	837.8	59.22	0.77	20.10
G7	9,223.4	3,042.3	4,176.8	2,002.5	3,045.4	1,268.6	2,222.4	363.0	784.8	1,539.1	56.09	0.56	13.50

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Emisiones de CO₂ por combustión													
	Total millones de toneladas de CO₂	Por tipo de combustible Millones de toneladas de CO ₂			Por sector Millones de toneladas de CO ₂						CO₂ STEP	CO₂ PIB	CO₂ Habitantes
		Carbón	Petróleo	Gas	Producción pública de electricidad y calor	Industria	Transporte		Residencial	Otros			
							Carretero	Otros					
Eu-15	3,170.5	861.1	1,571.1	728.4	853.5	565.2	745.4	57.9	436.2	510.3	52.32	0.41	8.47
OECD TOTAL	12,053.9	4,102.0	5,506.9	2,445.0	3,954.9	1,827.3	2,766.7	435.7	1,015.5	2,053.9	56.30	0.58	10.90

Fuente. OCDE y Programa Universitario de Energía.

Con los indicadores señalados, los países miembros de la OCDE han elaborado una serie de acciones para mitigar la acción de los gases de efecto de invernadero y a fin de que México pudiera adoptar algunos de ellos, se proporcionan en la siguiente tabla las acciones tomadas.

Cuadro 33
Acciones en los Países de la OCDE para Mitigar los Gases de Efecto Invernadero

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Australia	Implantar reformas micro-económicas para promover el desarrollo de los servicios energéticos en la industria eléctrica y del gas	Promover acuerdos de cooperación con la industria, a través de planes de acción, monitoreo y reportes para mitigar gases de efecto de invernadero	Establecer códigos de construcción y normatividad en el uso de gas natural, en sistemas de calentamiento de agua		Plantear los objetivos del consumo promedio de combustible para el año 2000	Otorgar servicios de información sobre posibles cambios o medidas adoptadas
Austria	Establecer acuerdos sobre el uso de la energía para producir electricidad a través de fuentes alternativas de energía como son: viento, fotovoltaica, biomasa y cogeneración	Realizar auditorías energéticas en el sector industrial				
Bélgica	Establecer acuerdos para producir electricidad, con el uso de turbinas de gas/vapor; y promocionar el uso de la cogeneración	Realizar auditorías energéticas y establecer soportes para la gestión energética en base a acuerdos de conservación de la energía		Establecer estándares de uso eficiente de la energía en los aparatos eléctricos		

Continuación...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Canadá	Realizar un libro de notas con las asociaciones industriales	Alcanzar los objetivos de eficiencia energética del sector bajo la a través de retos voluntarios sobre cambio climático y a nivel empresarial preparar planes de acción en todos los sectores	Alcanzar la eficiencia energética en la creación de nuevas casas edificios y corporaciones	Implantar normas en aparatos electrodomésticos	Establecer objetivos sobre el consumo de combustibles para vehículos y camiones de carga	Contar con una base de datos que incluya los compromisos y los planes de acción
Dinamarca	Orientar a las empresas eléctricas en el uso de fuentes alternas de energía como son: la energía eólica, cogeneración y biomasa , promocionar el uso de la calefacción urbana y por distrito	Establecer acuerdos para apoyar medidas de eficiencia energética, como es el caso de el ahorro energético, en la producción Offshore de petróleo y gas en refinerías	Conocer un buen manejo de la energía en edificios públicos	Orientar en el reemplazo de aparatos caducos o de baja calidad		

Continuar...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Finlandia	Promover el uso de las fuentes renovables de energía, como es el caso de la cogeneración	Establecer acuerdos por rama industrial, estableciendo los objetivos de ahorro de calor, en procesos industriales y realizar auditorías energéticas.	Implantar objetivos que comprendan el ahorro de calor en edificios públicos	Normar el ahorro de electricidad en aparatos electrodomésticos, además de lo correspondiente a edificios públicos	Ahorrar combustible en el servicio de transporte público	
Francia	Usar alternativas energéticas en áreas rurales y promover el uso de la energía eólica y la energía hidroeléctrica	Crear acuerdos públicos en el ahorro de energía, en industrias intensivas	Apoyar el uso de la biomasa, realizar auditorías energéticas en edificios públicos y normar el consumo de energía en el área doméstica	Promover la eficiencia en el alumbrado y en los aparatos eléctricos	Promover acuerdos para el uso de vehículos eléctricos y de gas	
Alemania	Establecer metas para la reducción de CO ₂ en empresas y municipios productores de energía de consumo industrial	Plantear los objetivos para la reducción de energía en las 15 ramas industriales	Normar los esquemas para edificios de alta eficiencia, casas solares y el aislamiento de edificios. Reducir el consumo de combustibles para la calefacción	Normar ahorros económicos y eficiencia energética, en aparatos eléctricos	Buscar la reducción del consumo de combustibles en vehículos recientes (1990-2005) en un 25 por ciento	Entregar reportes comunes en el sector industrial

Emisiones de gases con efecto invernadero

Continuación...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Grecia		Crear compromisos de inversión para el ahorro de energía en el sector industrial y realizar auditorías energéticas				
Irlanda	Aprovechar el uso de las fuentes renovables de energía como lo es la biomasa para la producción de energía	Realizar auditorías internas y contabilizar el consumo de la energía en las empresas	Clasificar los sistemas de energía domésticas dentro de la regulación de edificios	Normar los aparatos eléctricos		
Italia		Establecer acuerdo sobre el uso de combustibles alternos, buscando una mejor calidad energética				
Japón	Implementar el uso de la cogeneración en las plantas eléctricas y promover el uso de fuentes alternas de energía para reducción de NOx	Dentro de sus objetivos, es conservar la energía y plantear la reducción de gases de efecto invernadero en el sector industrial			Mejorar la eficiencia energética en 8.5 por ciento en el consumo de combustibles de vehículos personales y de carga	

Continuación...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Holanda	Implantar programas de eficiencia energética a través de la reducción de NOx y estabilizar las emisiones de CO ₂ hacia el año 2010, aprovechar las fuentes renovables de energía, como es el caso de la cogeneración y gas natural	Se busca dentro de sus objetivos, la conservación de la energía para el sector industrial	Crear acuerdos a largo plazo sobre la conservación de la energía a través del aislamiento y calefacción doméstica como de corporaciones	Que los aparatos como los congeladores y alumbrado sea más eficiente	Crear técnicas y métodos eficientes para transporte de carga	Monitorear el uso de la energía así como las emisiones de gases de efecto de invernadero
Nueva Zelanda	Crear acuerdos de grandes productores de energía par reducir la emisiones de CO ₂	Crear campañas y compromisos para la reducción en las emisiones de CO ₂ en las 15 ramas industriales y realizar reporte	Clasificación de esquemas limitados para el consumo de energía doméstica		Establecer acuerdos con los transportistas en la reducción de CO ₂	Estar al tanto de los acuerdos para la reducción de gases de efecto de invernadero
Noruega		Establecer la red de eficiencia energética industrial y el reporte del mismo				

Continuación...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Portugal		Crear acuerdo de reducción de energía y contaminación en el sector industrial				
España	Gestionar la demanda de energía en el sector industrial, aprovechar las fuentes renovables de energía como la cogeneración y sustituir los combustibles	Fomentar en los grupos y empresas industriales el ahorro de la energía			Buscar eficiencia energética en el consumo de combustibles	
Suecia	Promocionar el uso de fuentes alternas de energía como son: cogeneración a partir de bio-combustibles, energía eólica y la energía solar para calefactores	Comprometer a las industrias en aprovechar eficientemente la energía	Crear normas de eficiencia energética en edificios y casas		Implantar programas de uso de combustibles alternos en el transporte de carga	
Suiza	Aprovechar el uso de las fuentes renovables de energía como la biomasa para la producción de electricidad	Comprometer a la industria en el uso eficiente de la energía	Tanto edificios, casas y hospitales aprovechen eficientemente la energía	Aprovechar eficientemente los aparatos eléctricos	Los vehículos de 1996 al 2000 aprovechen eficientemente la energía	Realizar monitoreos y reportes de energía en el 2000

Continuación...

<i>País</i>	<i>Sector eléctrico</i>	<i>Industria y procesos</i>	<i>Casas y edificios</i>	<i>Aparatos eléctricos y equipos</i>	<i>Transporte</i>	<i>Reporte multisectorial</i>
Turquía		Conservar la energía				
Reino Unido	Reducir las emisiones de CH ₄ provenientes de instalaciones petroleras y de gas, incrementar el uso de la cogeneración	Crear compromisos de eficiencia energética, a través de gestiones, auditorías y acuerdos para el uso de los HFC,	Crear rangos o esquemas en el consumo de energía doméstica	Normatividad de aparatos eléctricos como es el caso del refrigerador	Como meta mejorar en un 10 por ciento la eficiencia energética en vehículos	
Estados Unidos	Reducir mediante acuerdos, los gases de efecto de invernadero incluyendo al metano en empresas eléctricas y de gas	Crear compromisos y programas de eficiencia energética para alumbrado y motores eléctricos en la mitigación de gases de efecto de invernadero	Normar el consumo de energía doméstica, a través de programas como “ <i>rebuild America</i> ”, “ <i>cool communities</i> ”, “ <i>Energy STAR buildings / homes</i> ”	Lograr un alumbrado eficiente en empresas comerciales y edificios, casas y oficinas, así como lograr que los aparatos eléctricos sean eficientes, como es el caso de los refrigeradores	Crear acuerdos para el uso de nuevos motores, utilizando combustibles alternos	La empresas reporten anualmente las emisiones de gases de efecto de invernadero.
Unión Europea		Gestionar y realizar esquemas para auditar a las empresas con el fin de reducir las emisiones de CO ₂		Normar los aparatos eléctricos como son lavadoras y secadoras	Crear acuerdos de eficiencia energética con la industria automotriz en la reducción de contaminantes.	

C. Emisiones de gases de efecto invernadero en México

1. Resumen

En México se han realizado inventarios de Gases de efecto Invernadero (GEI's) desde que se obtuvo el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para el año de 1988. El propósito del presente documento es mostrar cómo se calculan las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI's), producidos por el Sector Energético en México, así como discutir su impacto en las cuestiones de cambio climático y las acciones de mitigación que se pueden realizar para abatir la cantidad de emisiones, y por ende, los posibles cambios del clima.

Los GEI's (Dióxido de Carbono CO_2 , Monóxido de Carbono CO , Óxidos de Nitrógeno NO_x , Metano CH_4 , Oxido Nitroso N_2O e Carburos Orgánicos Volátiles que no son Metano NMVOC's) son productos secundarios y nocivos, obtenidos en los procesos que convierten los combustibles en energía. Los principales GEI's y sus fuentes son: CO_2 (Dióxido de Carbono) en la combustión de todos los tipos de combustible; así como CO (Monóxido de Carbono), N_2O (Óxido Nitroso), NO_x (Óxidos de Nitrógeno), CH_4 (Metano) y NMVOC's (Carburos Orgánicos Volátiles que no son Metano); que se obtienen en la combustión por combustibles utilizados en Fuentes Fijas (industrias, residencias, comercios, servicios públicos y transformación de energía, como la producción de electricidad) y de la combustión por combustibles en Fuentes Móviles (incluye todo tipo de transporte que use combustible).

Los combustibles que por su volumen y eficiencia generan más emisiones de GEI's son: petróleo crudo, gas natural y biomasa sólida (leña - bagazo de caña). Cualquier esfuerzo para reducir estas emisiones, sería muy importante y notable si incide en estos combustibles.

2. Introducción

El proceso de cambio climático, por la presencia de gases contaminantes, se ha realizado desde antes que el hombre apareciera y desarrollara las actividades antropogénicas. Los gases emanados en erupciones volcánicas e incendios forestales, bloqueaban esas radiaciones terrestres produciendo así la inversión térmica. Dicho proceso era 100 por ciento natural y mediante él, la Tierra cambiaba sus características físicas, de húmedo a árido o viceversa. De modo que ese proceso, en lugar de dañar al planeta, resultaba ser un acto de renovación mediante el cual la Tierra mantenía un equilibrio ecológico.

El desarrollo de la industria actual, ha aumentado la acumulación de los gases contaminantes, siendo antes éste un proceso natural. Las fábricas, calefacciones e incendios forestales, producen esas emisiones, destacando el dióxido de carbono. Éste, junto con otros contaminantes, como el óxido de nitrógeno y los hidrocarburos volátiles emitidos por los coches, reaccionan junto con el oxígeno atmosférico, por medio de las radiaciones terrestres. Creando entonces un complicado sistema de reacciones, que acaban formando ozono e impidiendo el flujo natural de calor. El ozono es una molécula muy reactiva, que continúa reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire, formando así varias decenas de sustancias distintas como nitratos de peroxiacilo (PAN), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radicales hidroxilo (OH), formaldehído, etcétera.

Estas nuevas sustancias, junto con las originales, y la energía que libera toda reacción química, actúan como los cristales y lonas de un invernadero, impidiendo de esta forma que el aire frío, bajo la contaminación, circule. Es decir, funciona como una tapadera enorme, que impide la circulación de afuera hacia dentro y al revés. De esta forma, la contaminación se queda atrapada en una parte de la atmósfera y evita su dispersión.

El proceso de combustión, es una forma primaria, generalizada y de baja eficiencia, para transformar la energía de los combustibles en tipos de energía útil en las actividades humanas y, como efecto colateral, genera la emisión de diferentes gases, entre los cuales se tienen los gases de efecto invernadero.

El dióxido de carbono es el más común de los gases de efecto invernadero, producido por las actividades antropogénicas. La principal fuente de CO_2 , es la oxidación de los combustibles fósiles, la cual, produce entre 70 y 90 por ciento del total de las emisiones antropogénicas de CO_2 . Estas emisiones se derivan principalmente de la combustión de los combustibles fósiles, en donde la mayoría del carbono contenido en el combustible, se libera como CO_2 durante el proceso de combustión. A la vez, otra parte del carbono se libera como CO, CH_4 , o hidrocarburos no metano, los cuales se oxidan para formar CO_2 en un período que va desde unos cuantos días hasta 8 ó 10 años. Por lo tanto, este documento presenta las emisiones de todos estos GEI's. La cantidad de CO_2 emitido, depende directamente de la cantidad de combustible consumido, la fracción de carbono del combustible que se oxida y el contenido de carbono del combustible.

3. Metodología y cálculo de emisiones

Los métodos de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se producen, básicamente son dos:

1. Tomando las cantidades finales del consumo de combustibles y la energía en que se transformó. Esta metodología se conoce como *Top-Down* (de arriba a abajo) y únicamente requiere los datos globales independientemente de su desagregación.
2. Otra alternativa para calcular los consumos de GEI's, es a través de los datos sobre el consumo de combustibles por sector económico, tales como servicios públicos, requerimientos residenciales, comerciales, agrícolas, transformación de energía y transportes. Esta metodología se denomina *Bottom-Up* (de abajo hacia arriba) y estima las emisiones partiendo de datos mucho más específicos que la otra metodología.

a) Cálculos de gases de efecto invernadero emitidos

(Bottom - Up)

Por lo general, estas emisiones se calculan obteniendo el consumo de combustible por sector y de acuerdo con la tecnología, se obtienen los factores de emisión. Al obtener los datos de consumo de combustible, se puede observar que hay dos grupos naturales en la clasificación. El primer conjunto contiene los sectores que consumen combustible y emiten GEI's en un lugar fijo; a estas emisiones se les denomina de Fuentes fijas o estacionarias. Un grupo aparte, lo presentan los sectores que consumen combustibles y emiten GEI's en diferentes lugares, las cuales se conocen como emisiones de GEI's de Fuentes móviles.

Fuentes estacionarias

En México, las emisiones de GEI's por actividades relacionadas al consumo de energía por fuentes estacionarias, se encuentran agrupadas en los sectores: industrial, residencial, comercial, público y de producción de Electricidad. De acuerdo con la metodología (1) la fórmula para efectuar estas estimaciones es:

$$Emisiones = \sum_{i=1}^{Fs} EF_{abc} * Actividad_{abc} (1)$$

en donde:

Actividad = Consumo de energía (GJ).

EF = Factor Emisión en gramos /Giga Joules (g/GJ).

a = Tipo de combustible.

b = Sector Energético (actividad energética).

c = Tipo de tecnología.

Para realizar los cálculos correspondientes, México, como país, no cuenta con una desagregación tan específica para todos los sectores y todas las tecnologías, ya que estos puntos son de ajuste fino, que a la larga, resulta muy laborioso, tardado y bastante oneroso de realizar. Por tanto, se decidió utilizar un promedio de los factores de emisión que sugiere la metodología de IPCC₍₁₎ para los diferentes tipos de combustible y de tecnologías. De ahí se obtienen los siguientes factores de emisión, utilizados en este trabajo para realizar los cálculos.

Cuadro 34
Factores de Emisión de GEI's por consumo de energía
Promedios de la metodología IPCC (1) en gramos/ Giga Joules

Combustible	CO₂	CO	N₂O	NO_x	CH₄	NMVOC's
Bagazo de caña	0.0	5000.0	4.0	65.0	15.0	20.0
Leña	0.0	4996.0	4.0	120.0	209.8	599.5
Coque y carbón	94919.0	9.0	1.5	295.0	0.4	10.7
Gas licuado	63268.0	11.0	0.0	56.0	1.1	0.0
Gasolina	68604.0	10.0	0.4	220.0	0.9	5.0
Diesel Sin	73326.0	16.0	0.4	76.0	0.3	5.0
Combustóleo	76593.0	15.0	0.3	168.0	1.5	5.0
Querosina	69178.0	15.0	0.2	58.0	5.0	5.1
Gas natural	56251.0	16.0	0.1	94.0	1.5	5.0

Los combustibles, independientemente de donde se usen y de su eficiencia, en la conversión de energía para fuentes fijas y de área, se encuentran desglosados a continuación:

Cuadro 35
Consumo de combustibles en fuentes fijas*
Peta-Joules(&)

Combustible	1993#	1994#	1995#	1996@	1997@	1998#	1999@
Bagazo de caña \$	86.01	72.15	84.03	83.25	91.37	94.12	86.58
Leña \$	240.23	241.93	243.62	245.30	246.09	248.02	249.52
Coque y carbón %	168.67	202.14	221.70	257.51	263.60	268.63	271.95
Gas licuado ^	351.82	372.35	371.08	383.57	381.28	399.58	374.34
Gasolinas ç	49.77	24.80	24.41	23.93	46.75	47.43	62.71
Diesel +	160.51	183.02	178.36	187.23	205.22	218.70	212.07
Combustóleo +	1012.53	1160.16	1011.39	1071.68	1168.98	1266.97	1247.38
Querosinas +	46.50	43.21	25.72	25.77	17.30	12.17	7.46
Gas natural +	1032.38	1107.27	1119.32	1227.37	1279.37	1384.06	1409.63
Comb. No Emite.!	859.25	767.51	811.93	980.90	819.35	653.37	805.02
Total	4007.67	4174.54	4091.56	4486.51	4519.31	4593.05	4726.66

* Se considerarán los combustibles que al consumirse o transformarse, produzcan emisiones de gases con efecto invernadero (GEI's). Cabe hacer notar que los Balances Nacionales de Energía, incluyen fuentes de energía que no producen emisiones de este tipo, entre ellas destacan la Hidroenergía, Nucleoenergía, Geoenergía, la Energía Eólica, así como los combustibles que se utilizan para funciones diferentes de la producción de energía (productos no energéticos). Para poder comprobar los resultados en cuanto a energía, en la tabla aparecerán como "Combustibles que No Emiten GEI's" (!).

@ Datos de los Balances Nacionales de Energía anuales, para el año indicado².

Datos de los Balances Nacionales de Energía anuales, para años anteriores², por ejemplo, el Balance Nacional de Energía 1996, contiene los datos anteriores hasta 1968.

& Hay que hacer notar, que los datos de 1993 a 1998, concuerdan con los que se presentan en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: 1990, 1994, 1996, 1998; Parte 1: Energía: fuentes fijas y de área, Octubre del 2000, preparado por Claudia Sheinbaum Pardo; Luis Rodríguez Viqueira; Guillermo Robles Morales (UNAM), preparado para el Instituto Nacional de Ecología. Esto es debido a que la fuente de la información, sobre el consumo de combustibles, son los Balances Nacionales de Energía que tienen una periodicidad anual.

\$ Son Energía primaria que se consume directamente con una baja eficiencia de transformación a energía calorífica, por lo cual tiene altas cantidades de emisiones.

% Para obtener la cantidad de Coque y Carbón que producen GEI's, se toma el total a transformación de Carbón, más el consumo final de Coque y restando el Carbón que se envía a las Coquizadoras.

^ Se considera el consumo total energético del Balance Nacional de Energía, menos lo que consume el sector transporte.

ç Se considera el consumo del propio sector energético, como la única fuente de emisiones de GEI's.

+ Se consideran todas las actividades que producen emisiones de GEI's, como son el consumo normal, pérdidas por transformación, autoconsumo, etcétera.

! Suma de Combustibles que no emiten GEI's.

Aplicando la ecuación(1) con los factores de emisión y los consumos de combustibles (en función de la energía) que obtenemos de los balances de energía anuales, se obtienen las siguientes emisiones.

Cuadro 36
Emisiones de bióxido de carbono (CO₂) en fuentes fijas
Millones de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Leña	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coque y carbón	16.01	19.19	21.04	24.44	25.02	25.50	25.81
Gas licuado	22.26	23.56	23.48	24.27	24.12	25.28	23.68
Gasolinas	3.41	1.70	1.67	1.64	3.21	3.25	4.30
Diesel	11.77	13.42	13.08	13.73	15.05	16.04	15.55
Combustóleo	77.55	88.86	77.47	82.08	89.54	97.04	95.54
Querosinas	3.22	2.99	1.78	1.78	1.20	0.84	0.52
Gas natural	58.07	62.29	62.96	69.04	71.97	77.85	79.29
Total	192.29	212.00	201.48	216.99	230.10	245.81	244.70

Es evidente que los resultados obtenidos son muy similares al trabajo de Sheibaum⁵ et. al., debido a que se utiliza la misma metodología (incluyendo factores de emisión) y la misma fuente de consulta para consumo y desagregación de los combustibles.

Cuadro 37
Emisiones de monóxido de carbono (CO) en fuentes fijas
Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	430.06	360.75	420.15	416.25	456.85	470.60	432.90
Leña	1200.19	1208.68	1217.13	1225.52	1229.47	1239.11	1246.60
Coque y carbón	1.52	1.82	2.00	2.32	2.37	2.42	2.45
Gas licuado	3.87	4.10	4.08	4.22	4.19	4.40	4.12
Gasolinas	0.50	0.25	0.24	0.24	0.47	0.47	0.63
Diesel	2.57	2.93	2.85	3.00	3.28	3.50	3.39
Combustóleo	15.19	17.40	15.17	16.08	17.53	19.00	18.71
Querosinas	0.70	0.65	0.39	0.39	0.26	0.18	0.11
Gas natural	16.52	17.72	17.91	19.64	20.47	22.14	22.55
Total	1671.10	1614.29	1679.92	1687.64	1734.90	1761.83	1731.46

Cuadro 38
Emisiones de óxido nitroso (N₂O) en fuentes fijas
 Toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	344.04	288.60	336.12	333.00	365.48	376.48	346.32
Leña	960.92	967.72	974.48	981.20	984.36	992.08	998.08
Coque y carbón	253.01	303.21	332.55	386.27	395.40	412.95	407.93
Gas licuado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasolinas	19.91	9.92	9.76	9.57	18.70	18.97	25.08
Diesel	64.20	73.21	71.34	74.89	82.09	87.48	84.83
Combustóleo	303.76	348.05	303.42	321.50	350.69	380.09	374.21
Querosinas	9.30	8.64	5.14	5.15	3.46	2.43	1.49
Gas natural	103.24	110.73	111.93	122.74	127.94	138.41	140.96
Total	2058.37	2110.08	2144.75	2234.32	2328.12	2398.89	2378.91

Cuadro 39
Emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en fuentes fijas
 Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	5.59	4.69	5.46	5.41	5.94	6.12	5.63
Leña	28.83	29.03	29.23	29.44	29.53	29.76	29.94
Coque y carbón	49.76	59.63	65.40	75.97	77.76	79.25	80.23
Gas licuado	19.70	22.64	20.78	21.48	21.35	22.38	20.96
Gasolinas	10.95	5.46	5.37	5.26	10.29	10.43	13.80
Diesel	12.20	13.91	13.56	14.23	15.60	16.62	16.12
Combustóleo	170.11	194.91	169.91	180.04	196.39	212.85	209.56
Querosinas	2.70	2.51	1.49	1.49	1.00	0.71	0.43
Gas natural	97.04	104.08	105.22	115.37	120.26	130.10	132.51
Total	396.87	435.07	416.43	448.70	478.12	508.22	509.17

Cuadro 40
Emisiones de metano (CH₄) en fuentes fijas
Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	1.29	1.08	1.26	1.25	1.37	1.41	1.30
Leña	50.44	50.76	51.11	51.46	51.63	52.03	52.35
Coque y carbón	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11
Gas licuado	0.39	0.41	0.41	0.42	0.42	0.44	0.41
Gasolinas	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06
Diesel	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06
Combustóleo	1.52	1.74	1.52	1.61	1.75	1.90	1.87
Querosinas	0.23	0.22	0.13	0.13	0.09	0.06	0.04
Gas natural	1.55	1.66	1.68	1.84	1.92	2.08	2.11
Total	55.54	56.02	56.27	56.89	57.39	58.14	58.31

Cuadro 41
Emisiones de carburos orgánicos volátiles
que no son metano NMVOC's en fuentes fijas
Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagazo de caña	1.72	1.44	1.68	1.67	1.83	1.88	1.73
Leña	144.02	145.04	146.05	147.06	147.53	148.69	149.59
Coque y carbón	1.80	2.16	2.37	2.76	2.82	2.87	2.91
Gas licuado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasolinas	0.25	0.12	0.12	0.12	0.23	0.24	0.31
Diesel	0.80	0.92	0.89	0.94	1.03	1.09	1.06
Combustóleo	5.06	5.80	5.06	5.36	5.84	6.33	6.24
Querosinas	0.24	0.22	0.13	0.13	0.09	0.06	0.04
Gas natural	5.16	5.54	5.60	6.14	6.40	6.92	7.05
Total	159.06	161.24	161.90	164.16	165.77	168.09	168.93

Fuentes móviles

En México, las emisiones de GEI's por actividades energéticas relacionadas con las fuentes móviles y su combustión, incluyen únicamente al sector transporte.

$$Emisiones = \sum_{i=1}^{Fs} EF_{abc} * Actividad_{abc} (2)$$

De acuerdo con la metodología, la fórmula para realizar estas estimaciones es:

en donde:

- Actividad = Cantidad de energía consumida.
- EF = Factor Emisión en gramos/Giga Joules (g/GJ).
- a = Modo de transporte (aviación, ferrocarril, etc.).
- b = Tipo de combustible (gasolina, diesel, etc.).
- c = Tipo de vehículo (pasajero, carga ligera, etc.).

Cuadro 42
Factores de emisión de GEI's por consumo de energía
 Promedios de la metodología IPCC¹ en gramos/ Giga Joules

Combustible	Co ₂	Co	N ₂ O	No _x	Ch ₄	Nmvoc's
Gas licuado	63268.0	11.0	0.0	56.0	1.1	0.0
Gasolina	68604.0	10.0	0.4	220.0	0.9	5.0
Diesel sin	73326.0	16.0	0.4	76.0	0.3	5.0
Combustoleo	76593.0	15.0	0.3	168.0	1.5	5.0
Querosina	69178.0	15.0	0.2	58.0	5.0	5.1
Gas natural	56251.0	16.0	0.1	94.0	1.5	5.0

Cuadro 43
Consumo de combustibles en fuentes móviles
 Peta-Joules

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	17.68	17.87	18.56	19.18	19.07	19.71	50.56
Gasolinas	931.45	956.66	932.77	930.23	959.14	984.23	957.10
Diesel	360.94	393.30	351.30	373.09	396.68	408.97	428.37
Combustóleo	1.77	1.68	1.40	1.68	1.69	2.64	3.06
Querosinas	88.28	98.83	91.53	91.08	97.98	108.12	114.39
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
Total	1400.12	1468.34	1395.56	1415.26	1474.56	1523.67	1553.83

Los datos sobre el consumo de energía en el sector transporte, se obtuvieron del Balance Nacional de Energía². Para determinar la desagregación (distribución) del sector transporte, se supuso que ésta fue igual a la de 1990 - 1995³, la cual se obtuvo de un trabajo realizado por la Comisión Nacional de Ahorro de Energía para ese año. Mientras ese trabajo no se realizó para años posteriores a 1995, se tomó la decisión de analizar los anuarios estadísticos⁴ y observar que las tendencias en cuanto a la cantidad y distribución de vehículos, eran muy similares aun después de este lapso de tiempo.

En el sector transporte, se tienen seis categorías de vehículos, los cuales consumen diferentes tipos de combustible. Estos seis grandes grupos son: Transporte Particular (T.P.), Transporte Urbano (T.U.), Transporte de Carga (T.C.), Transporte Aéreo (T.A.), Ferrocarriles (FERR) y Marítimo (MAR). Los combustibles que consumen son Gasolina, Gas Licuado Propano, Diesel, Querosinas y Electricidad. La distribución de este consumo y la distribución de combustibles por tipo de transporte, se pueden observar a continuación, así como los diferentes factores de emisión de los GEI's por categoría de vehículo y combustibles usados en este sector. Al relacionar los datos de estas tablas, se obtienen los resultados de emisiones.

Cuadro 44
Emisiones de bióxido de carbono (CO₂) en fuentes móviles
Millones de Toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	1.12	1.13	1.17	1.21	1.21	1.25	3.20
Gasolinas	63.90	65.63	63.99	63.82	65.80	67.52	65.66
Diesel	26.47	28.84	25.76	27.36	29.09	29.99	31.41
Combustóleo	0.14	0.13	0.11	0.13	0.13	0.20	0.23
Querosinas	6.11	6.84	6.33	6.30	6.78	7.48	7.91
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Total	97.73	102.57	97.36	98.82	103.00	106.44	108.44

Cuadro 45
Emisiones de monóxido de carbono (CO) en fuentes móviles
Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.56
Gasolinas	9.31	9.57	9.33	9.30	9.59	9.84	9.57
Diesel	5.78	6.29	5.62	5.97	6.35	6.54	6.85
Combustóleo	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05
Querosinas	1.32	1.48	1.37	1.37	1.47	1.62	1.72
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
Total	16.63	17.56	16.55	16.87	17.64	18.26	20.49

Cuadro 46
Emisiones de óxido nítrico (N₂O) en fuentes móviles
Toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasolinas	372.58	382.66	373.11	372.09	383.66	393.69	382.84
Diesel	144.38	157.32	140.52	149.24	158.67	163.59	171.35
Combustóleo	0.53	0.50	0.42	0.50	0.51	0.79	0.92
Querosinas	17.66	19.77	18.31	18.22	19.60	21.62	22.88
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Total	535.15	560.25	532.35	540.05	562.43	579.70	578.04

Cuadro 47
Emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en fuentes móviles
Miles de toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	0.99	1.00	1.04	1.07	1.07	1.10	2.83
Gasolinas	204.92	210.47	205.21	204.65	211.01	216.53	210.56
Diesel	27.43	29.89	26.70	28.35	30.15	31.08	32.56
Combustóleo	0.30	0.28	0.24	0.28	0.28	0.44	0.51
Querosinas	5.12	5.73	5.31	5.28	5.68	6.27	6.63
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Total	238.76	247.37	238.49	239.64	248.19	255.42	253.13

Cuadro 48
Emisiones de metano (CH₄) en fuentes móviles
Toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	19.45	19.66	20.42	21.10	20.98	21.68	55.62
Gasolinas	838.31	860.99	839.49	837.21	863.23	885.81	861.39
Diesel	108.28	117.99	105.39	111.93	119.00	122.69	128.51
Combustóleo	2.66	2.52	2.1	2.52	2.54	3.96	4.59
Querosinas	441.40	494.15	457.65	455.40	489.90	540.60	571.95
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
Total	1410.10	1495.31	1425.05	1428.16	1495.65	1574.74	1622.59

Cuadro 49
Emisiones de carburos orgánicos volátiles que no son metano NMVOC's en fuentes móviles
Toneladas

Combustible	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gas licuado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasolinas	4657.25	4783.30	4663.85	4651.15	4795.70	4921.15	4785.50
Diesel	1804.70	1966.50	1756.50	1865.45	1983.40	2044.85	2141.85
Combustóleo	8.85	8.40	7.00	8.40	8.45	13.20	15.30
Querosinas	450.23	504.03	466.80	464.51	499.70	551.41	583.39
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
Total	6921.03	7262.23	6894.15	6989.51	7287.25	7530.61	7527.79

Cuadro 50
Emisiones Totales de GEI's

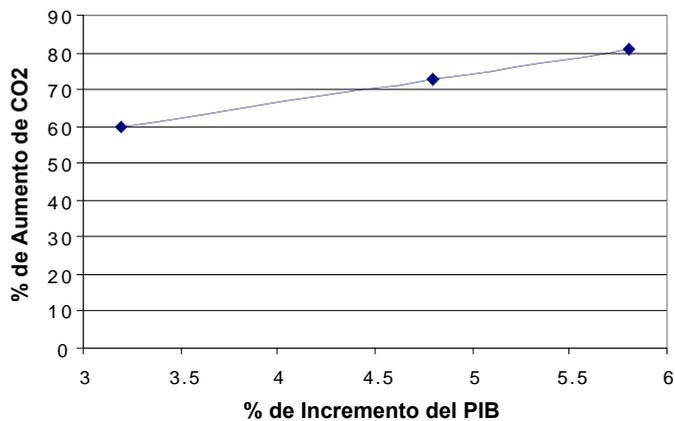
Emisiones totales	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
CO ₂ (x10 ⁶ Tons.)	292.02	314.57	298.85	315.81	333.10	352.25	353.14
CO (x10 ³ Tons.)	1687.73	1631.85	1696.46	1704.51	1752.54	1780.09	1751.96
N ₂ O Toneladas	2593.52	2670.33	2677.10	2774.37	2890.55	2978.58	2956.93
NO _x (x10 ³ Tons.)	635.63	682.44	654.92	688.34	726.31	763.65	762.30
CH ₄ (x10 ⁶ Tons.)	56.95	57.52	57.69	58.32	58.88	59.71	59.93
NMVOC's (x10 ³ T)	165.98	168.50	168.80	171.15	173.06	175.62	176.45

b) Proyecciones Nacionales de Emisiones de CO₂ con un crecimiento específico del Producto Interno Bruto (PIB).

Utilizando el factor más representativo de la economía nacional (PIB) para proyectar el consumo de Energía en los siguientes 10 años encontramos que el Bióxido de Carbono Gas de Efecto Invernadero más representativo se incrementara entre 60 y 82 %, dependiendo del crecimiento del PIB, aquí hay que considerar que el incremento en consumo de energía se considera lineal y que al calcular los GEI's no se considera si habrá mejoras en el ahorro de energía o variación de eficiencia en los procesos de transformación de la misma. La grafica nos muestra un aumento considerable por el consumo y la dependencia del PIB aumenta o decrementa dicha proyección.

Gráfica 12

Proyección al año 2010



c) Emisiones de GEI's en la ZMVM

Aplicando la técnica bottom up se obtienen los valores de emisiones de CO₂ en la ZMVM por sectores, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 51
Emisiones de CO₂ en la ZMVM por sectores

Sector	Millones de Toneladas de CO ₂ /Año				
	1996 (#)	1996 (δ)	1998	1999	2000
Industrial	14.10	14.43	12.77	13.33	15.50
Transporte	19.70	51.99	55.13	59.20	60.25
Residencial (@)	11.80	20.81	22.66	20.89	22.52
Agropecuario	0.10	0.18	0.18	0.17	0.18
Total	45.70	87.40	90.77	93.59	98.45

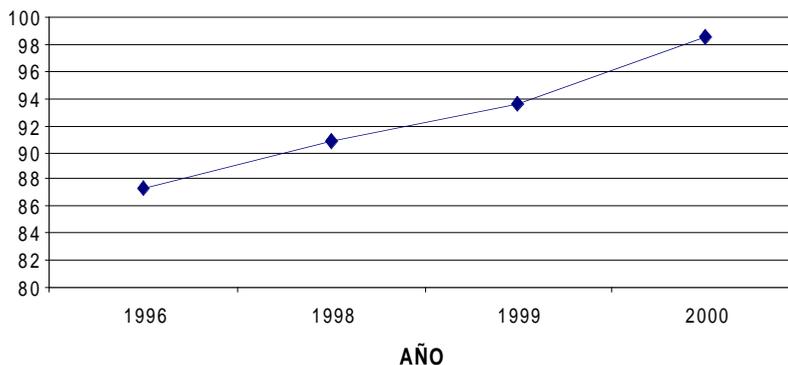
Notas:

@ Se suman los sectores Residencial, Comercial y Publico.

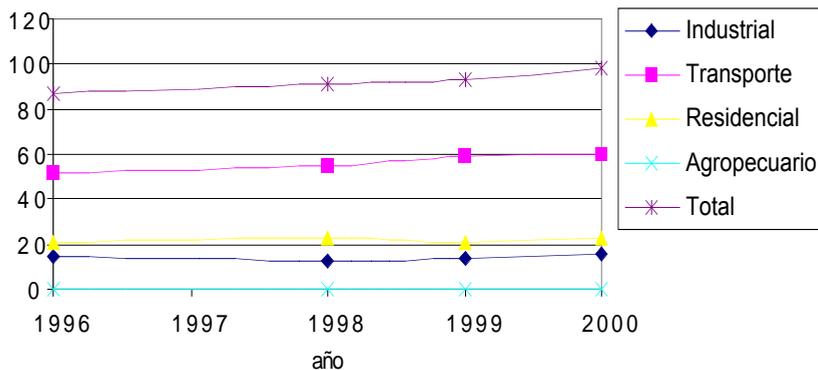
Valores máximos reportados en el informa final que presento el grupo de Energía y Ambiente del Instituto de Ingeniería UNAM, a la Comisión Ambiental Metropolitana ("INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN Y USO DE ENERGIA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO", Sheinbaum et al, septiembre 2000).

& Datos calculados en el presente trabajo (PUE/ UNAM - IIE).

Gráfica 13
Bióxido de carbono



Gráfica 14
Emisiones de CO₂ por sector



Cuadro 52
Emisiones de CO₂ por sector

Sector	Toneladas de NO _x /Año				
	1996 (#)	1996 (s)	1998	1999	2000
Industrial	29672.80	23500.00	20640.00	21720.00	25310.00
Transporte	95801.80	138130.00	144290.00	158666.00	161871.00
Residencial (e)	23105.30	22910.00	24490.00	23250.00	25010.00
Agropecuario	79.50	150.00	160.00	140.00	157.00
Total	148659.40	184690.00	189650.00	203776.00	212348.00

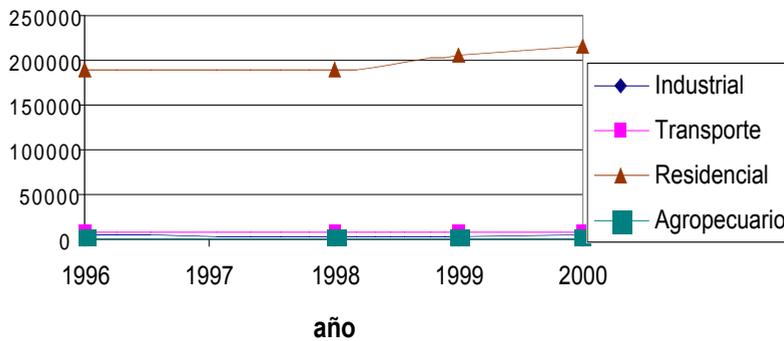
Cuadro 53
Emisiones de CO₂ por sector

Sector	Toneladas de CH ₄ /Año				
	1996 (#)	1996 (s)	1998	1999	2000
Industrial	128.90	380.00	330.00	350.00	410.00
Transporte	4289.70	820.00	880.00	774.00	787.00
Residencial (e)	2778.80	4280.00	4320.00	4590.00	4830.00
Agropecuario	4.30	10.00	10.00	10.00	10.00
Total	7201.70	5490.00	5540.00	5724.00	6037.00

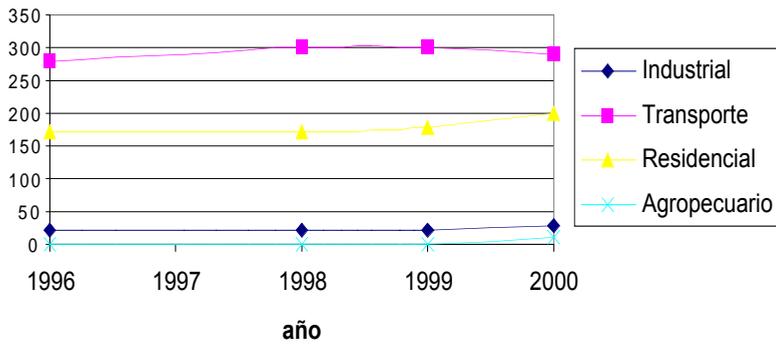
Cuadro 54
Emisiones de CO₂ por sector

Sector	Toneladas de NMVOC's /Año				
	1996 (#)	1996 (&)	1998	1999	2000
Industrial	534.70	1210.00	1060.00	1120.00	1310.00
Transporte	174560.90	3620.00	3820.00	4124.00	4218.00
Residencial	1930.90	11260.00	11280.00	12120.00	12750.00
Agropecuario	3.90	10.00	10.00	10.00	10.00
Total	177030.40	16100.00	16170.00	17374.00	18288.00

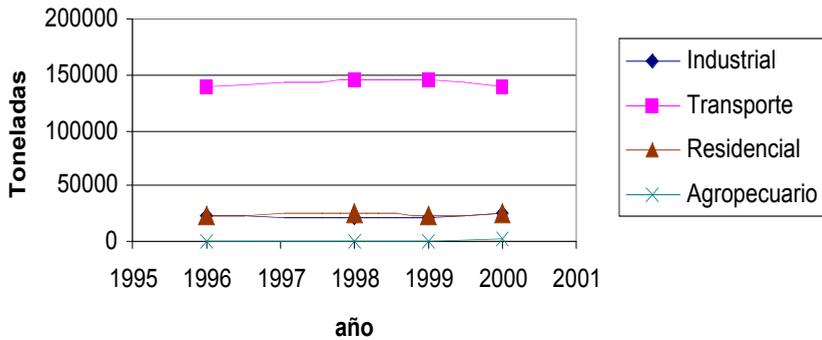
Gráfica 15
Emisiones de CO por Sector



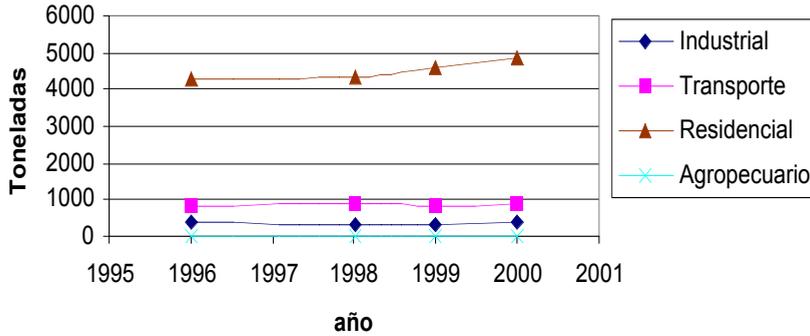
Gráfica 16
Emissiones de N₂O por sector



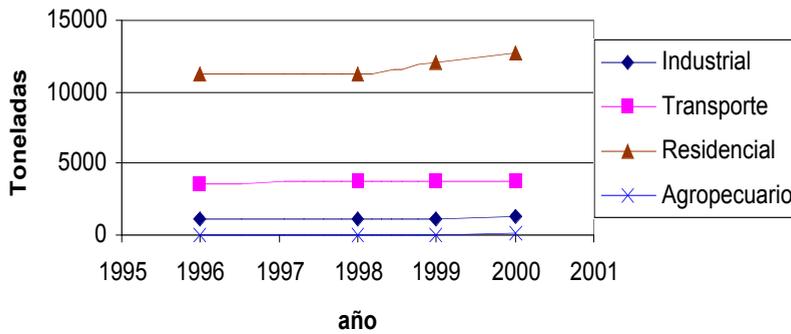
Gráfica 17
Emissiones NO_x por sector



Gráfica 18
Emisiones de CH₄ por sector



Gráfica 19
Emisiones NMVOC's por sector



Si consideramos el consumo nacional de energía tomando como base los años de 1998 y 1999, con tres escenarios probables, podemos obtener para los años 2000 al 2020, con intervalos de cinco años, el probable consumo de combustibles en unidades de energía como sigue:

Cuadro 55
Consumo de Energía ZMVM (Proyectado)
Peta Joules

	1998	1999	2005	2010	2015	2020
Crecimiento bajo (3.2%)	6116	6280	7560	8505	9555	10920
Crecimiento medio (4.8%)	6116	6280	7875	9135	10605	12495
Crecimiento alto (5.8%)	6116	6280	8190	9870	13020	14385

Cuadro 56
Consumo de combustibles (promedio)
Promedio en BPDE
Consumo Final

Sector	%	2005	%	2010	%	2015	%	2020
Transporte	48.3	157552	48.6	185300	49.5	219015	49.4	258833
Industrial	25.0	81729	24.5	93226	23.7	104939	22.9	120134
Residencial	18.2	59307	18.7	71050	19.0	84139	19.7	03343
Comercial	7.4	24198	7.1	27130	6.7	29410	6.6	34220
Publico	0.9	2800	0.9	3400	0.9	4000	1.2	6230
Agropecuario	0.20	520	0.2	650	0.2	710	0.2	1030
Uso Final	100	326103	100%	380766	100%	442213	100%	523790

Cuadro 57
Proyección de Emisiones de GEI's
Usando el Crecimiento Tendencial o de Referencia,
para calcular las emisiones obtenemos

Año	2005	2010	2015	2020
CO ₂ (M. Ton)	1056.50	123.11	143.5	170.42
CO (m. Ton)	277057.40	325807.56	377115.95	460277.17
N ₂ O (Ton)	592.13	695.37	812.84	972.95
NO _x (m. Ton)	215364.01	251845.72	294789.02	348928.09
CH ₄ (m. Ton)	7344.04	8616.67	9979.89	12111.56
NM _{VOC} 's (m. Ton)	21317.77	25005.26	28997.31	35089.80
Totales (M. Ton)	106.02	123.72	144.21	171.28

M. Ton = Millones toneladas.
m. Ton = miles de toneladas.
Ton = Toneladas.

4. *Discusión de resultados*

En México, tres combustibles primarios proporcionan más del 90 por ciento de la energía que se consume en el país, y ordenados en forma decreciente son: petróleo crudo (>60.00%), gas natural incluyendo condensados (>20.00%) y biomasa (leña/ bagazo de caña) (aprox. 10.0%). Por otro lado, se puede observar que estos combustibles producen más del 96 por ciento del CO_2 : petróleo crudo (> 63.00%), gas natural, incluido el condensado (< 20.00%) y biomasa (leña/ bagazo de caña) (>10.00%). De esta información salta a la vista que el mejor combustible es el gas natural, ya que es el que transforma la energía de manera más eficiente, emitiendo menos contaminantes. El caso contrario es la biomasa, que tiene una relación menor de energía aportada, contra emisión contaminantes.

Si observamos, el CO se produce básicamente en el sector residencial/comercial/publico y en las fuentes móviles. Observamos que la combustión de biomasa produce aproximadamente 5 000 gramos de CO por Giga Joule, en tanto que el siguiente factor de emisión es dos órdenes de magnitud menor (diesel y gas natural), 16 gramos de CO por Giga Joule. Si a esta información agregamos que por combustión de biomasa se producen aproximadamente 330 a 340 Peta Joules, de aquí se puede remarcar que el usar biomasa para producir energía es muy poco eficiente y un alto productor de GEI's, principalmente en cuanto a Monóxido de Carbono (CO).

Las emisiones de N_2O , NO_x y CH_4 que se producen, son menores a un Teragramo, quizás cuantitativamente no sean importantes, pero sus efectos secundarios aún no están bien establecidos. Además, se debe señalar que en las estimaciones de CH_4 , no se incluyen las emisiones fugitivas por producción, refinación, transporte y consumo de petróleo, que los NMVOC's sólo se hicieron para fuentes móviles y que la información sobre el óxido nitroso, no se encuentra en todas las fuentes.

Considerando un potencial global de calentamiento a 100 años, como lo recomienda la IPCC, tenemos la variación con relación a sus respectivos potenciales:

- 1 Para CO_2
- 22 Para CH_4
- 270 Para N_2O .

Si observamos el potencial global de calentamiento, numéricamente se podría decir que el valor más relevante es el de CO_2 , pero se debe señalar que los otros gases son importantes, en los mecanismos de reacción que pueden presentar efectos secundarios, como es la formación de Ozono Antropogénico, que además, por pequeñas que sean las variaciones, inciden grandemente en los resultados. Si vemos inicialmente sólo hay 0.002 de N_2O y aplicándole el potencial de calentamiento aumenta dos órdenes de magnitud.

De acuerdo con la metodología¹, la energía producida por la combustión de leña y bagazo, que sea sostenible (regenerada por reforestación o nuevo cultivo), no debe ser considerada en esta aproximación. El balance de CO_2 será completado en este caso con los datos de la sección de usos de suelo. Como este tipo de datos no son fáciles de obtener y los que se consiguen tienen una gran incertidumbre, en este trabajo se decidió incluir las emisiones de GEI's que se producen en la combustión de biomasa.

Los cálculos de emisiones son una aproximación que puede tener una banda de error de más o menos 10 por ciento, porque se están considerando los mismos factores de emisión para las fuentes fijas y para las fuentes móviles (no es lo mismo usar gasolina para generar electricidad, que para mover un automóvil, por ejemplo; el orden de magnitud deberá de ser el mismo, pero habrá variaciones en las emisiones reales).

El consumo de combustibles en las fuentes fijas es mayor, porque en este caso son cinco sectores: residencial, industrial, comercial, público y agropecuario y las fuentes móviles sólo es el sector transporte.

Los combustibles más usados en las fuentes fijas son: gas natural, combustóleo y gas licuado, que no necesariamente son los que más emisiones producen. En las fuentes fijas el orden es: gasolina, diesel y querosina.

Por la diferencia en el consumo de combustibles, las fuentes móviles aportan menos de un 30 por ciento de la emisión total de CO_2 ; proporcionalmente se ve en la gráfica del consumo nacional de combustibles.

Las emisiones de CO son mucho mayores en las fuentes fijas y los combustibles que más aportan son: la leña y el bagazo de caña, que se puede considerar biomasa, tiene la más baja eficiencia de transformación de energía y los índices más altos de emisión; el resto de los combustibles no presentan valores significativos.

En el caso del N_2O la leña emite el doble de la suma de todas las fuentes móviles, de las cuales, la principal fuente es el consumo de gasolina, si se elimina el consumo de leña (o se minimiza) y se mejora la tecnología para quemar la gasolina, se abatirá sensiblemente la emisión de N_2O .

Las emisiones de NO_x son importantes en las fuentes móviles, porque el consumo de combustibles es cinco veces mayor en las fuentes fijas y en el caso de las emisiones de NO_x , solamente es el doble de las emisiones. Una forma de atacar estas emisiones es ofreciendo una mejor tecnología para las fuentes móviles.

En el caso de Metano y $NMVOC$'s, si se elimina el consumo de leña, se reduce en casi un orden de magnitud, las emisiones de los mismos. En realidad, si hubiese un cambio cultural que permitiera minimizar el consumo de leña, se obtendría una mayor eficiencia energética y una minimización importante de dichas emisiones.

5. Conclusiones

La cantidad de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México, se debe al consumo de petróleo, gas natural y biomasa. El resto no incide fuertemente en los resultados finales. Por lo tanto, mientras más exactos sean los factores de emisión de GEI 's para estos combustibles, mejores serán las estimaciones de los GEI 's que se emiten en México.

Algunos datos, como los de gasolinas y naftas, no están desagregados ni claros, puesto que se da un valor de actividades no energéticas mayor que el de la producción e importación, lo cual refleja una aportación negativa en las emisiones de carbono en CO_2 . La falta de desagregación de los datos que presenta el balance nacional de energía, como no es parte de los combustibles principales, no influye significativamente en las emisiones de GEI 's.

Un análisis completo de las emisiones de GEI 's, necesita incluir toda la información de los sectores energéticos y no energéticos, ya que unas emisiones complementan a otras y algunas restituyen el carbono consumido, como es el caso de la biomasa y de acuerdo con los resultados, este es el combustible con menor eficiencia.

Los emisiones de GEI 's obtenidas, son una buena aproximación primaria, la cual deberá de complementarse con factores de emisión más específicos a la tecnología y las condiciones del país. Las fuentes fijas transforman más energía

de los combustibles a formas de energía utilizadas por el hombre, por lo tanto, proporcionalmente producen más emisiones.

Para ahorrar esfuerzos y reducir emisiones se debe de buscar una mayor eficiencia en el consumo de los combustibles mayoritarios para cada tipo de fuente.

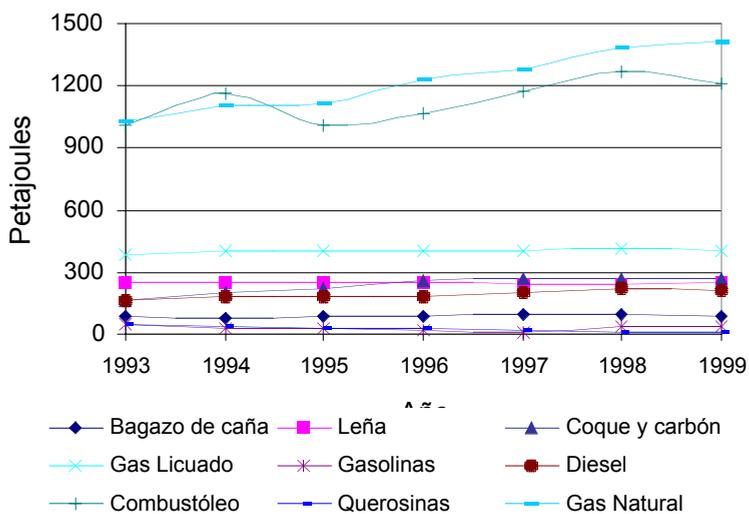
Con el objeto de tener una visión gráfica de la información de éste capítulo, en el anexo 1 se muestra dicha información.

Bibliografía

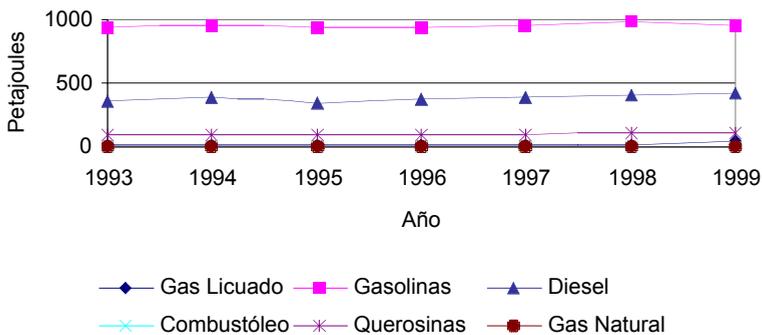
1. Final Report from the OECD Experts Meeting, 18-21, February 1991. Estimation of Green House Emissions and Sinks.
2. SEMIP, 1999. Balances Nacionales de Energía, 1993 - 1999.
3. SEDUE/ INE /CONAE. Inventario preliminar de gases efecto para México, 1988. Nota: incluye software desarrollado en fortran para la elaboración del inventario, México, 1992.
4. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Anuarios Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, ediciones 1993 - 1999.
5. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: 1990, 1994, 1996, 1998; Parte 1: Energía: fuentes fijas y de área, Octubre del 2000, preparado por Claudia Sheinbaum Pardo; Luis Rodríguez Viqueira; Guillermo Robles Morales (UNAM), Preparado para: Instituto Nacional de Ecología.

Anexo 1

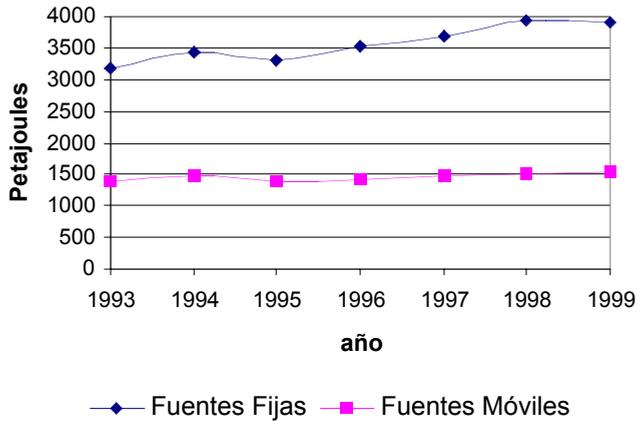
Consumo Nacional de Combustibles en fuentes fijas



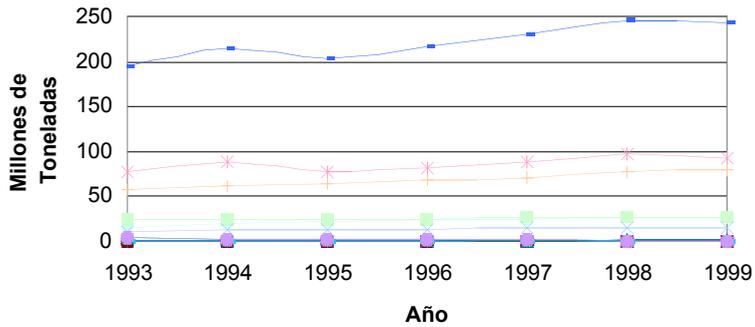
Consumo Nacional de Combustibles en Fuentes Móviles



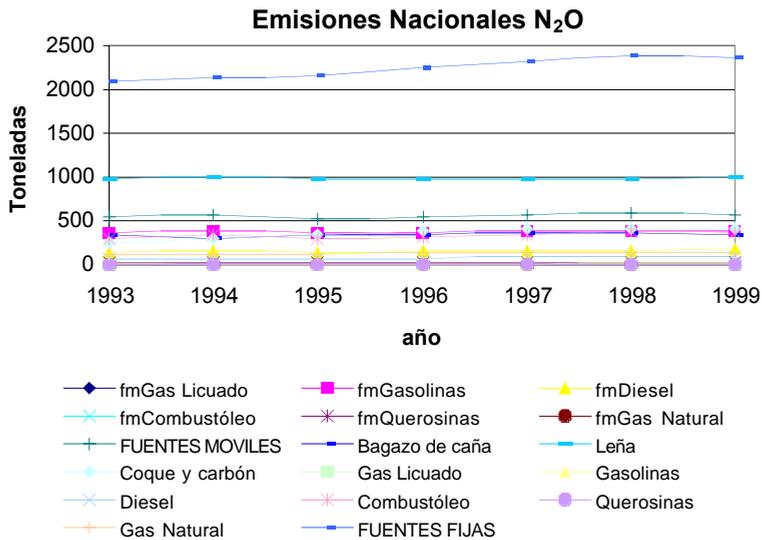
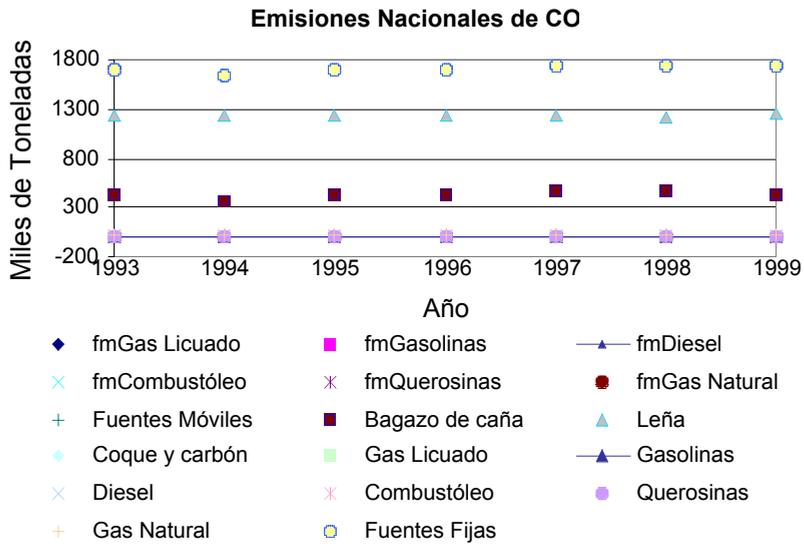
Consumo Nacional Combustibles (fuentes fijas y móviles)



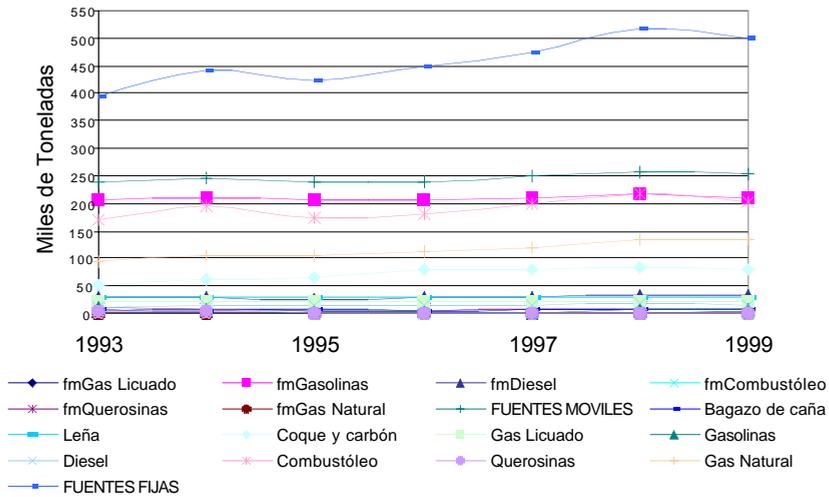
Emisiones Nacionales de CO2



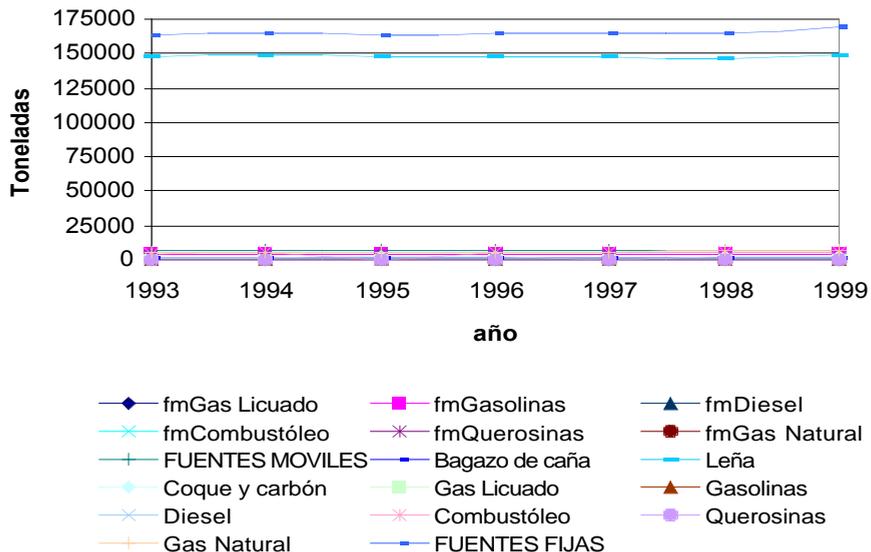
- ◆ fmGas Licuado ■ fmGasolinas ▲ fmDiesel ✕ fmCombustóleo
- ✱ fmQuerosinas ● fmGas Natural + Gas Licuado Bagazo de caña
- Leña ◆ Coque y carbón ▲ Gasolinas
- ✕ Diesel ✱ Combustóleo ● Querosinas + Gas Natural
- Fuentes Fijas



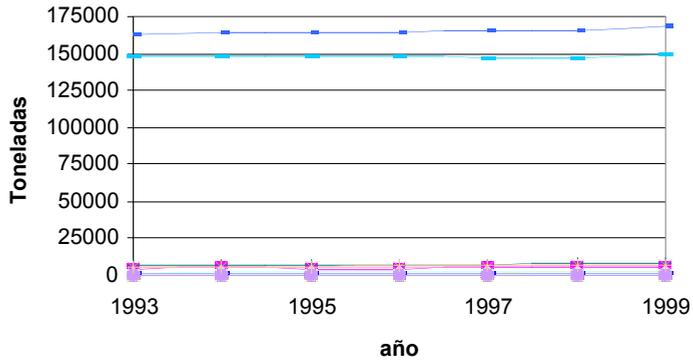
Emisiones Nacionales NOx



Emisiones Nacionales CH4



Emisiones Nacionales de NMVOC's



- | | | |
|--------------------|------------------|-----------------|
| ◆ fmGas Licuado | ■ fmGasolinas | ▲ fmDiesel |
| × fmCombustóleo | * fmQuerosinas | ● fmGas Natural |
| + FUEENTES MOVILES | ■ Bagazo de caña | — Leña |
| ◆ Coque y carbón | ■ Gas Licuado | ▲ Gasolinas |
| × Diesel | * Combustóleo | ● Querosinas |
| + Gas Natural | — FUEENTES FIJAS | |

Capítulo IV
MITIGACIÓN

Capítulo IV

MITIGACIÓN

1. Introducción

La mitigación es el grupo de acciones que a nivel del medio ambiente, permiten disminuir o abatir la cantidad de emisiones y residuos que se envían a éste; como el medio ambiente consta de aire, agua y tierra, las acciones de mitigación generan un amplio campo de acción. Este trabajo se enfocará a estudiar, comentar, señalar y/o sugerir acciones de mitigación en las emisiones de Gases con Efecto Invernadero, GEI's, que se producen por consumo o transformación de energía y se envían al aire (Contaminación del Aire).

La contaminación del aire ha sido un problema de salud pública desde el descubrimiento del fuego.

En la antigüedad, las personas encendían fogatas en sus cuevas y cabañas, y frecuentemente contaminaban el aire con humo nocivo. El filósofo romano Séneca, escribió sobre el "aire cargado de Roma" en el año 61 A. C. y en el siglo XI se prohibió la quema de carbón en Londres.

El origen de nuestros modernos problemas de contaminación del aire, puede remontarse a la Inglaterra del siglo XVIII y al nacimiento de la revolución industrial. La industrialización comenzó a reemplazar las actividades agrícolas y las poblaciones se desplazaron del campo a la ciudad. Las fábricas para producir, requerían energía mediante la quema de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo. El principal problema de la contaminación del aire a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX fue el humo y ceniza producidos por la quema de combustibles fósiles en las plantas estacionarias de energía. La situación empeoró con el creciente uso del automóvil. Con el tiempo, se presentaron episodios importantes de salud pública a causa de la contaminación del aire en ciudades como Londres, Inglaterra y Los Ángeles, en los Estados Unidos.

En años recientes se han producido sucesivos aumentos de las temperaturas sin precedentes, lo que muchos científicos atribuyen a la acumulación en la atmósfera de las emisiones de bióxido de carbono y otros gases producidos por el hombre y que retienen o absorben parte de la radiación solar (calor) que entra en la atmósfera de la tierra, alterando el equilibrio térmico del entorno ambiental.

Las observaciones hechas en el entorno actual señalan que una de las principales consecuencias de la contaminación ambiental es la alteración del sistema climático del planeta, esto se debe básicamente a la presencia de GEI's

en la atmósfera, consecuentemente si el hombre requiere de conservar el equilibrio ecológico, se tiene la urgencia de eliminar o controlar (Mitigar) las emisiones de dichos gases a la brevedad, para esto es necesaria la participación activa de todas las naciones, en la búsqueda de acciones y objetivos para reducir las emisiones de dichos gases (Mitigación de Emisiones de GEI's).

A pesar de los grandes esfuerzos que se llevan a cabo para controlar la contaminación del aire en todos los países, ésta sigue siendo un importante motivo de preocupación ambiental en el mundo. Una de las grandes ramas de la mitigación, es proporcionar un panorama de la contaminación del aire con Gases Efecto Invernadero (GEI's), incluyendo el control de las fuentes de contaminación del aire y discutiendo técnicas o acciones para mejorar en general el manejo y la calidad del aire.

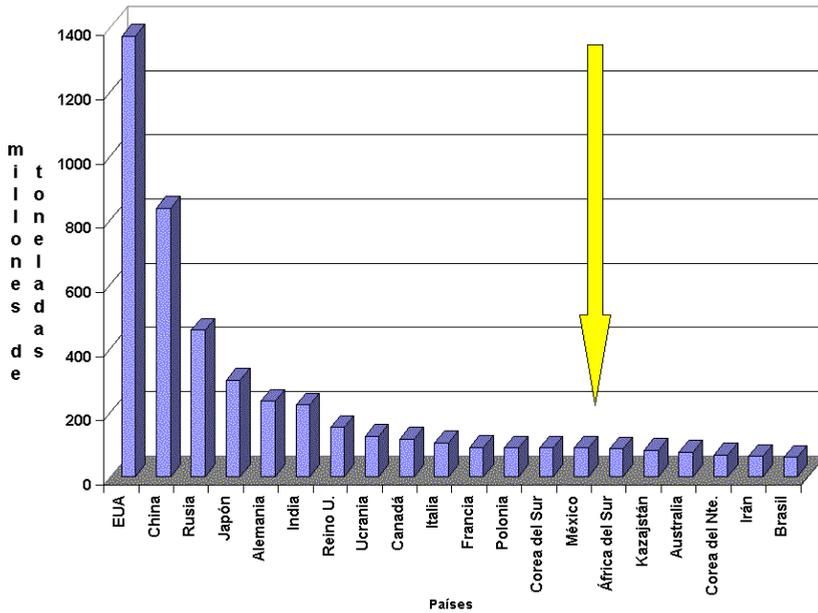
Entre la combustión, que es el método más contaminante que se utiliza para la transformación de energía, y la distribución de la población que consume dicha energía, nos proporcionan los puntos de mayor contaminación. En la actualidad la población se clasifica en dos grandes grupos:

Asentamientos urbanos. Este grupo de población demanda la mayor cantidad de energía y esto incrementa las emisiones de GEI's, algunas estimaciones indican que para el año 2025, este tipo de población pasara del 45 por ciento actual a un valor entre 60 y 85 por ciento de la población mundial.

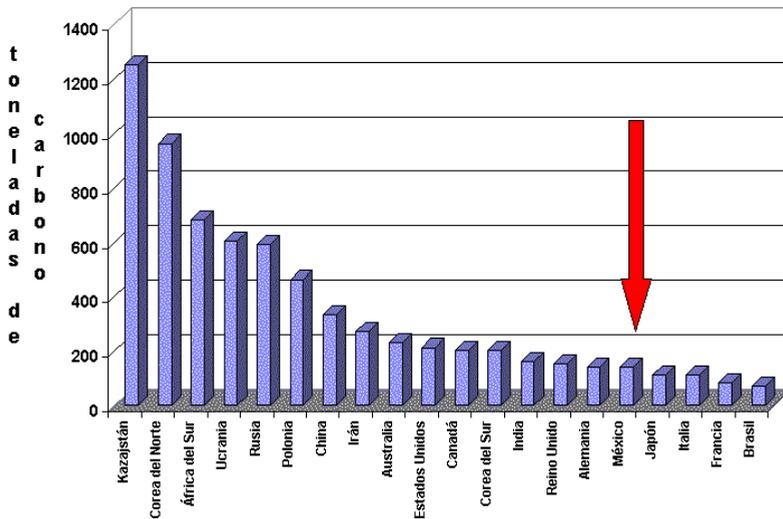
Asentamientos rurales. Este tipo de población consume más energía al migrar a las zonas urbanas, si a esto se le agrega que al dejar la tierra sin trabajar, se generan GEI's, por cambio de uso de suelo, erosión, etcétera.

Al mostrar las emisiones totales de GEI's para diferentes países, como se hace en la siguiente gráfica, se puede observar que hay países desarrollados (ver EUA) que emiten más GEI's solos, que un grupo de países en desarrollo (ver Polonia, Corea del Sur, México, etc.).

Gráfica 20
Emisiones totales GEI's por país



Gráfica 21
Emisiones de Carbono contra Producto Interno Bruto en diferentes países



Las emisiones totales de GEI's por país en función del Producto Interno Bruto (PIB), se pueden observar en la gráfica anterior, esta relación indica que las variables económicas son determinantes para evaluar las cantidades y los costos de dichas emisiones, pero hay que hacer notar, que no necesariamente quien más emisiones tiene, lo hace a un mayor costo (ver EUA vs Kazajastan).

2. Políticas de mitigación en el consumo de energía

La implementación exitosa de opciones de mitigación de gases de efecto invernadero en el consumo de energía, necesita vencer muchas barreras técnicas, económicas, políticas, culturales, sociales, de comportamiento y/o institucionales, que impiden la aplicación completa de las oportunidades tecnológicas, económicas y sociales a todos los grupos de población.

Las respuestas nacionales a las opciones de mitigación de emisiones de GEI's, pueden ser más efectivas si se desarrollan como un grupo interinstitucional de instrumentos políticos, que busquen reducir en forma global tales emisiones.

La acción coordinada entre países y sectores puede ayudar a reducir costos de mitigación de las emisiones de GEI's, encarar cuestiones de competitividad, conflictos potenciales con las reglas del comercio internacional, y las posibles pérdidas de carbón, por ello, los países que quieran limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, deberán acordar la implementación de instrumentos internacionales bien diseñados, que les permitan obtener una mayor eficiencia a un menor costo.

Las principales acciones que se deben de aplicar en las políticas de Mitigación de emisiones de GEI's por el consumo o transformación de energía, que innegablemente son un indicador del desarrollo y avance de cualquier nación, pero también son el parámetro principal en la producción de GEI's, básicamente se aplican en los siguientes sectores:

- Sector comunicaciones y transportes,
- Sector de transformación de energía (producción de electricidad),
- Sector industrial,
- Sector residencial (Desarrollo Urbano); y,
- Sector agropecuario.

Comunicaciones y transportes: es el que más consume de estos sectores.

Cabe destacar que existen variaciones entre regiones y países, en donde de acuerdo a las políticas de costos, calidad, producción, distribución, imposición fiscal de combustibles que se consumen, habrá mayor o menor cantidad de emisiones. Un ejemplo clásico es la variación entre América y Europa en cuanto a costos y consumo de gasolina o diesel, lógicamente las emisiones de GEI's, se modifican de acuerdo con el combustible usado, pero este factor es el último que se toma en cuenta. La reducción de emisiones se podría obtener si se racionaliza el uso de transporte particular, así como con una optimización en el transporte de productos.

Un buen ejemplo de esta aplicación se da en CURITIBA (Paraná, Brasil) en donde a partir de 1996, con una estructura organizacional de vías de comunicación y una mejor utilización de espacios (reordenamiento del tránsito en cuanto a la dirección y hora, así como el uso de autobuses de mayor tamaño en las horas de más demanda) ha reducido en promedio el 25 por ciento del consumo de combustibles y lógicamente ha aumentado la limpieza de su atmósfera.

Una reducción en las emisiones de GEI's, se daría en el transporte si se cambian los tipos de combustible que consume dicho sector. En este sentido, se está tratando de utilizar Gas Licuado Propano o Gas Natural, que emiten menor cantidad de emisiones que los combustibles que se usan tradicionalmente, una opción viable como alternativa futura es la de usar Gas Natural para producir Hidrógeno y éste mediante una celda de combustible, aportando electricidad con mayor eficiencia y menor emisión de contaminantes.

Industria: en este sector se consumen en mayor cantidad la electricidad (energía secundaria o transformada) que ya no produce GEI's, así como los combustibles más pesados que generalmente contienen Azufre y Nitrógeno, que producen un elevado grado de contaminación. Como en la mayoría de los procesos, estos combustibles se ocupan para producir vapor de baja temperatura, el uso de precalentadores solares de agua permitiría disminuir el consumo de combustibles pesados y por ende la contaminación.

Alternativamente se ha propuesto generar electricidad a partir de residuos sólidos (basura), que en asentamientos urbanos puede producir BIOGAS para generar electricidad. El problema real en este caso, es la recolección, almacenamiento y transporte de dicho gas a los centros de generación de electricidad.

Una alternativa adicional que permitiría disminuir la contaminación de GEI's, es el uso de celdas de combustible operadas con Gas Natural,

las cuales son compactas, eficientes y con muy baja producción de contaminantes.

Sector residencial: en este sector se consume principalmente Gas Licuado Propano (GLP), electricidad y aunque energéticamente no son muchos los contenidos energéticos que dan los combustibles sólidos, si son los que más emiten GEI's, específicamente CO, CH₄ y NMVOC's. Los principales usos que se dan a estos energéticos son el cocimiento de alimentos y el calentamiento de agua en el sector domestico, así como la electricidad para el alumbrado. En este caso, el principal problema que presenta el sector es la mala combustión y las fugas de gas que se producen y que se van directamente a la atmósfera. Para este sector, las acciones de ahorro de energía y el consecuente abatimiento de las emisiones de GEI's vendrán de utilizar colectores solares para precalentar agua, lo cual podría disminuir hasta en un 13 por ciento el consumo total de combustibles; otra opción sería utilizar electricidad para cocinar o calentar agua. Como el proceso de transformación en energía eléctrica es más eficiente y más centralizado, la reducción de los GEI's emitidos disminuiría.

Transformación de energía: este proceso contribuye también en forma considerable en cuanto a consumo de combustibles y aportación de emisiones, básicamente se produce electricidad y en muchos casos es una de las transformaciones más eficientes que el consumo de otros combustibles, sobre todo del sector residencial, esto quiere decir que aporta mayor energía por unidad de combustible y lógicamente, produce una cantidad menor de emisiones de GEI's que otro tipo de procesos.

El creciente interés en la eficiencia de la generación de electricidad, la energía renovable y las tecnologías de combustibles limpios, darán un impulso importante al crecimiento de las ventas de tecnología del cambio climático.

En forma general lo que se necesita es la transformación de energía más eficiente, partiendo del combustible y procurando evitar el uso de combustibles sólidos (carbón, leña y bagazo de caña) o semisólidos (combustóleo) y aprovechar las fuentes alternativas de producción de energía, como son la energía nuclear, la energía fotovoltaica, la energía del viento, energía solar, etcétera.

Tecnología para optimizar el consumo de energía: la tecnología es aplicada en todas las actividades humanas, y el consumo de energía no es la excepción, esto se ve en una amplia gama de herramientas, industrias y dispositivos para la extracción, conversión, transmisión y distribución de combustibles hasta proveer la energía o servicios finales.

Los aumentos espectaculares de estos mercados que buscan aplicar la tecnología para optimizar el consumo de energía, resultan de varios factores como son:

- El crecimiento de las poblaciones,
- El crecimiento de la actividad económica; y,
- El ingreso per cápita.

Estos factores impulsan a varios países a conservar recursos y reducir la contaminación, siendo ahora más frecuente, que consideren la eficiencia energética e industrial necesarias para competir exitosamente en los mercados mundiales.

3. Implementación de opciones de mitigación

Como ya se ha señalado, la variación de los GEI's, principalmente en cuanto a los óxidos de Carbono y Nitrógeno (CO , CO_2 , N_2O y NO_x) atmosféricos, se debe al consumo de combustibles fósiles usados para producir energía, lógicamente la calidad y composición de estos combustibles son los responsables directos del incremento de las cantidades de dichos gases en la atmósfera, por lo tanto, para obtener una disminución o abatimiento de las cantidades emitidas, deberán aplicarse acciones que aumenten su eficiencia de transformación y disminuyan el consumo de los mismos. La importancia e interés que los países tienen en estas actividades, se pueden observar en los siguientes trabajos:

- 1) Informe titulado "Oportunidades del Mercado de Servicios y Tecnologías para el Cambio Climático en los Países en Desarrollo", (USAID 22 de junio 2000) el mercado para el control de los GEI's podría más que duplicarse para el año 2010, al pasar de los casi 30 000 millones de dólares de hoy a unos 65 000 millones (6).
- 2) En 1998, el Centro de Energía y Ambiente de Dinamarca, realizó estudios económicos en donde encontró que los costos que tiene reducir las emisiones de GEI's, varían de 20 a 100 dólares por tonelada en los países desarrollados y de 2 a 80 dólares por tonelada en los países en vía de desarrollo, hay que hacer notar que estos valores sólo incluyen los costos directos.

Entre las áreas donde las tecnologías para el cambio climático tienen más demanda, es el suministro de electricidad, el cual desempeña el papel principal, al absorber el 53 por ciento del mercado total. El sector de la electricidad genera una porción importante de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también está entre los sectores de más rápido crecimiento en los países en desarrollo. El creciente interés en la eficiencia de la generación de electricidad, la energía renovable y las tecnologías de combustibles limpios darán un impulso importante al crecimiento de las ventas de tecnología del cambio climático en el sector de la energía. Los sectores comerciales y residencial representan el 26 por ciento del mercado, incluyendo tecnologías y servicios para la iluminación eléctrica eficiente, conservación de energía en edificios, artefactos y aire acondicionado.

El sector industrial sigue con el 11 por ciento del mercado, donde la modernización y el crecimiento ofrecerán importantes oportunidades para la mitigación de los gases del efecto invernadero.

El sector transporte es uno de los mayores contaminantes, sin embargo como es uno de los que utiliza mas desarrollos tecnológicos solo le corresponde el 1 por ciento de las posibles mejoras en acciones que disminuyan el posible cambio climático. Al expandirse las economías de los países en desarrollo, se anticipa que muchos generarán una creciente cantidad de emisiones de GEI' s.

En la actualidad muchos de los países en desarrollo han comenzado a usar tecnologías para aumentar su productividad y eficiencia en la transformación de energía, al lograr esto impactan menos en el cambio climático.

A continuación en forma tabular se exponen las tecnologías que se están utilizando ahora para transformación, transmisión y distribución de la energía, así como su uso final que se da a la misma; Como indicador de comparación entre procesos de transformación de energía se ha tomado la eficiencia como parámetro, en forma adicional esta misma tabla contiene una lista de la eficiencia ideal u optima que es deseable obtener en estos procesos operando en las condiciones actuales, adicionalmente y basados en los limites teóricos de los procesos se expresa la eficiencia que seria posible obtener en el futuro, las eficiencias se expresan en formas porcentual (%) y siempre se refieren a la cantidad de energía que entra en el dispositivo o sistema actual, hay que hacer que las mejoras en eficiencia representen en forma indirecta una menor cantidad de emisiones de GEI' s, que es lo que se busca sustentar en cualquier trabajo de mitigación.

Cuadro 58
Eficiencias
Por ciento

	Actual	Deseable	Teórica
Tecnologías actuales			
Generación de Electricidad			
Carbo Eléctricas (Vapor con ciclo Rankine)	33	40	67
Centrales Termoeléctricas (combustóleo)	32	40	67
Centrales Termoeléctricas (gas)	32	40	67
Turbinas de Gas (Combustóleo y gas)	25	35	58
Fisión Nuclear LWR	32	35	50
Electricidad Geotérmica	9	20	48
Hidroelectricidad	80	90	100
Almacenamiento de electricidad (fuera de horas pico)			
Bombeo hidroeléctrico	75	80	100
Calentamiento Residencial y Comercial			
Carbón	44	70	80
Combustóleo	60g	72	80
Gas	60g	72	80
Electricidad	100	100	100
Madera y leña	44	70	80
Energía Solar para calentamiento directo	40	50	100
Integración comunitaria de sistemas de energía (Distritos)	70	80	90

Energía y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México

	<i>Actual</i>	<i>Deseable</i>	<i>Teórica</i>
Calentamiento de agua			
Combustóleo	63g	70	80
Gas	55	70	80
Electricidad	100	100	100
Energía Solar para calentamiento directo	50	60	100
Calentamiento por distritos	70	80	90
Industrial (procesos de calor y misceláneos)			
Calentadores de Vapor			
Carbón	70	80	100
Combustóleo	64	82	100
Gas	64	83	100
Madera y leña	70	80	100
Hornos y quemadores			
Carbón (coque)	24	35	67
Madera y leña	24	35	67
Electricidad (resistencia, inducción, micro hondas)	100	100	100
Calentamiento directo de agua con energía solar para producir vapor de baja presión.	48	56	70
Transporte			
Combustión interna de gasolina, automóviles (promedio mpg)	16.7	28	NA
	25	40	NA
Turbógas, transporte aéreo (promedio pasajero mpg)			
Combustión Eléctrica, Autobús, Camiones, y tren eléctrico (promedio mpg)	5	6	NA
Tecnologías emergentes			
Generación de electricidad			
Combustión en lecho fluidizado atmosférico (FBC)	34	40	70
Combustión en lecho fluidizado Presurizado FBC	38	42	70
Generación ciclo combinado			
Presurizado FBC, ciclo combinado	43	50	70
Gasificación, ciclo combinado	42	60	70
Celdas de Combustible			
Ácido Fosfórico	40	50	94
Carbonato fundido	45	55	94
Ciclo de fluido binario (ciclo Kalina)	50	60	
Reactor de conversión avanzada (LWR y GRC)	39	45	50
Reactor generador (LMFBR y FGCR)	39	45	50
Calentamiento geotérmico de piedras	12	20	50
Vientos	33	40	53
Conversión Solar térmica a eléctrica	16	22	53
Celdas fotovoltaicas (silicio)	16	20	90
Reactor de Fusión	35	40	50
Almacenamiento de Energía			
Baterías	70	90	100
Llantas aéreas (Flywheel)	70	90	100
Magnetos superconductores	75	85	100
Transporte de energía a Hidrógeno o sustitutos de combustibles fósiles	40	60	70
Tecnologías térmicas que aceptan el retorno de energía del calor o el frío			
Aire comprimido en cavernas subterráneas	70	95	100
Transportación			
Incremento de la eficiencia de combustible (mpg)			
Turbina de gas en Automóviles	40	46	NA
Encendido por agitación de automóviles	40	46	NA

Mitigación

	Actual	Deseable	Teórica
Encendido adiabático de diesel en transporte pesado.	5	5	NA
Alcohol como combustible de arranque y diesel (equivalente)	30	70	NA
Desarrollo de materiales avanzados (cerámicos para condiciones de alta temperatura) aditivos para incrementa un 20% la eficiencia de combustibles			
Levitación magnética de trenes			
Mayor Flexibilidad de opciones de combustible de arranque Vehículos Eléctricos (millas por kWh)	2.3	3.2	NA
Vehículos híbridos (calor de arranque + sistema de baterías) Automóvil con hidrogeno combustible (celdas de combustible)			
Combustibles alternativos (ejemplo combustibles de crudo sintético, metanol de carbón).	30	37	NA
Conservación (ahorros cuadrados, año 2000)			
Reducción de peso en los automóviles			
Incremento del factor de carga en aeronaves,		1	
Traslado por rieles de servicio		1	
Camiones: cambio a diesel, cambio de las intersecciones de trafico por rieles		2	
Industrial (potencial ahorrado año por año 2000)		2	
Total deseado de ahorro (20 a 30 años asumiendo rangos de reemplazo de equipo y tiempo de vida		6.0	
Potencial total ahorrado			14.5
Mejoras en la eficiencia de combustión			3
Catálisis (incluyendo biocatálisis) y separación, investigación en sensores y desarrollo de sistemas de control.			
Mejoras en procesos carbotérmicos (industrias acero y papel)			1.5
Mejoras en las tecnologías de transferencia de calor			0.2
Conservación			
Caidas de energía (expansión del uso de la cogeneración, incremento de los sistemas de conversión de energía)			18
Utilización de desperdicios industriales			
Recuperación de calor en los desechos			4
Tecnologías de nueva producción (robots, autómatas)		1.0 – 3.0	
Calentamiento de espacio			
Mejoras en la edificación, diseño, aislamiento			
Residencial: 50 % menos caliente que en los 1970			
Comercial : 60% menos caliente que en los 1970			
Actividad térmica de bombas de calor (COP)		160	250
Energía en aire acondicionado, el consumo puede ser reducido en 50% año por año hasta el 2000			
Aislamiento			
Mejoras en la eficiencia			
Calentamiento de agua			
Bombas de calor 50% menos energía que el de resistencias eléctricas.			
Tecnologías avanzadas			
Generación Magnetohidrodinámica de electricidad	50	60	
Conversión de energía térmica del océano	2.5	6.5	
Energía de las mareas			0.08
Energía de las olas			
Sistemas de energía solar del espacio.			
Celdas solares	7	12	
Maquinas térmicas	12.5	22.3	

NA = No disponible.

mpg = millas por galón.

Suponiendo un escenario en donde se aplicaran las mejoras tecnológicas tabuladas anteriormente y que la transformación de energía por tipo de combustible llegase a las eficiencias teóricas expresadas, en el año 2050 el ahorro en la producción de energía se presenta en la siguiente tabla.

Cuadro 59
Ahorros de energía por mejora tecnológica
 1×10^{18} Joules

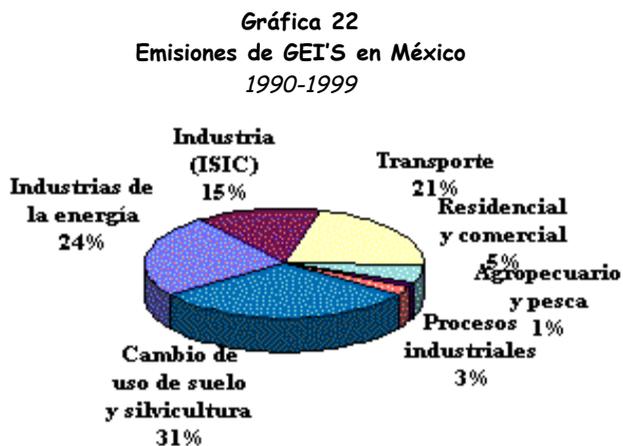
País	Líquido	Gases	Sólidos	Electricidad
U. S.	33.80	10.48	5.20	15.54
Canadá y Oeste de Europa	22.85	12.45	12.39	19.82
OECD Pacífico	9.80	8.53	7.85	8.91
URSS y Este de Europa	12.18	19.67	14.29	9.51
China et. Al.	9.38	10.38	30.53	7.60
Medio Oriente	3.07	3.55	0.60	1.64
Africa	4.59	4.38	8.37	4.31
Latino América	12.06	5.36	4.57	10.04
Sur y Este de Asia	5.04	2.82	13.72	6.37
Total	113.29	77.62	97.52	83.74
* EACT	53.89	60.63	69.72	42.58

* EACT : % Energía Ahorrada por Cambio Tecnológico.

En la tabla de Ahorros de Energía por mejora Tecnológica, se puede observar que el ahorro de energía es de 50 a 70 por ciento, para los diferentes tipos de combustibles (líquido, sólido o gaseoso) y un poco más de 40 por ciento en la generación de electricidad, lo cual significa un abatimiento (mitigación) apreciable de las emisiones de GEI's a nivel mundial.

4. Comparación de emisiones de GEI's México vs otros países

En México las emisiones de GEI's por sector económico en los años de 1990 - 1999¹ se distribuyen aproximadamente de acuerdo a la siguiente grafica.

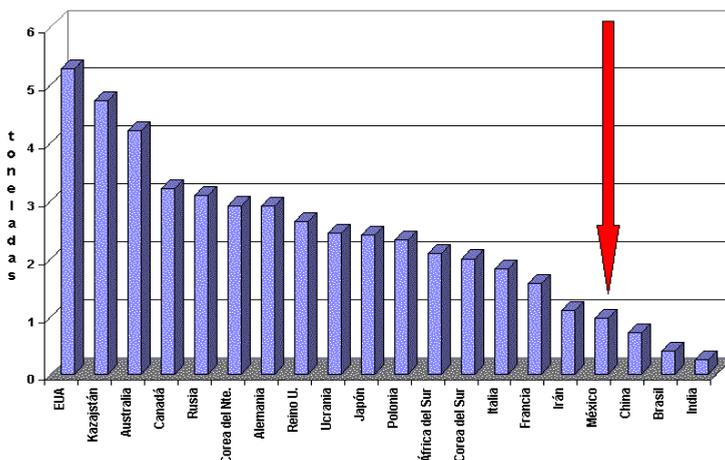


Dentro del sector energético, las fuentes principales de emisiones son la industria de la energía y los transportes, juntos aportan el 45 por ciento de las emisiones totales de CO₂; por otro lado en forma individual, las emisiones por cambio de uso de suelo, que representan 31 por ciento de las emisiones totales de este mismo gas en el país, se deben en su totalidad a los procesos de deforestación, en donde el 30 por ciento del territorio mexicano corresponde a zonas áridas y semiáridas. Los bosques y selvas cubren el 28 por ciento de la superficie total. Cerca del 80 por ciento de los suelos del país registran algún grado de erosión, principalmente por la deforestación de terrenos con pendientes pronunciadas. En estas circunstancias, una duplicación de la concentración de CO₂, respecto a niveles preindustriales, tendría consecuencias graves para los procesos de desertificación, deforestación, erosión y pérdida de biodiversidad.

En el contexto Internacional, se puede ver que la participación de México (1999) en la generación global de GEI's, no es significativa, particularmente en relación al tamaño de su población y de su territorio, como se puede ver en la siguiente grafica.

¹ El último Balance Nacional de Energía es de 1999.

Gráfica 23
participación de México en la generación global de GEI's
1999



La contribución de México a la Emisión de Gases de Efecto Invernadero, en términos de emisiones de GEI's por PIB y per cápita, México está a gran distancia de los principales emisores de carbono, si bien en términos de emisiones totales ocupa el 17º lugar, lo que es comprensible dada la magnitud de su población, la extensión de su territorio y su nivel de desarrollo.

Las emisiones totales de CO_2 de México representan tan sólo un poco más del seis por ciento de las emisiones de carbono de EUA principal país emisor.

En el plano de las emisiones de CO_2 y Carbono por habitante, México está después de los primeros 70 lugares en el concierto mundial, con 3.46 toneladas CO_2 (2) de y 0.96 toneladas de carbono (CO_2 , CO), datos de 1999.

Entre otros indicadores de la situación de México respecto a emisiones de gases de efecto invernadero, cabe mencionar que el país emite 1.18 kilos de CO_2 por unidad de PIB a precios de 1998.

La emisión promedio por kilómetro cuadrado es de 166.74 ton de CO_2 ; la proporción de emisiones/suministro de energía (sin incluir combustibles

renovables) es de 2.66 toneladas de CO_2 por cada tonelada equivalente de petróleo².

La proporción de emisiones totales/ suministro de energía renovable es de 41.6 ton de CO_2 por cada tonelada equivalente de petróleo.

De acuerdo con las proyecciones hechas con los datos de la OECD México duplicará la cantidad de emisiones de bióxido de carbono en el período comprendido entre 1995 y 2010, lo cual representa un ritmo de crecimiento mayor que el del Producto Nacional Bruto (PNB) proyectado.

5. Acciones de mitigación en México

Encabezados por la Secretaría de Medio Ambiente y por la Secretaría de Energía, México está realizando acciones de mitigación (reducción) en el consumo de energía, mejor aprovechamiento de los recursos naturales, industrias menos contaminantes, adecuación en las comunicaciones, transportes más eficientes y menos contaminantes (cambio de combustibles), además de una revisión al desarrollo urbano planeado. Por otro lado, ha promovido el desarrollo institucional y la investigación sobre el posible cambio climático, las principales acciones incluidas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) son:

- Ahorro de energía,
- Aumento de eficiencia en el consumo y transformación de energía,
- Cambios de combustibles; y,
- Uso de tecnologías de punta, con mayor eficiencia y menos contaminación.
- Uso de energías alternas³

En la actualidad, se ha establecido un mecanismo interinstitucional que contribuye a cumplir con los objetivos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, de la que nuestro país es participante, estas acciones están encaminadas a emitir cantidades significativamente menores de gases termo activos (GEI's).

² Es una estimación bastante burda, un mejor ajuste se podrá obtener con información más exacta sobre el uso del suelo.

³ En el anexo 1 se da un ejemplo del potencial de energías alternas en centros urbanos de países desarrollados / PUE.

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND), México establece que el país está comprometido con la transición hacia el desarrollo sustentable. Sus políticas están orientadas a revertir las tendencias del deterioro ambiental (entre estas, está la disminución de emisiones de GEI's), fomentar el crecimiento económico y combatir la pobreza extrema, de forma transparente y participativa.

La primera acción del PND, ha sido apoyar al grupo Interinstitucional para que elabore los inventarios nacionales de emisiones de GEI's.

Acciones posteriores están implementando las actividades a realizar por las distintas instituciones para mitigar y adaptar al cambio climático del entorno global.

De acuerdo con los compromisos firmados por México ante los organismos internacionales, la política ambiental de nuestro país, intenta frenar las tendencias históricas de deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, contribuir a lograr un crecimiento económico significativo mediante procesos productivos más limpios, y desarrollar servicios que mejoren en alguna medida las condiciones de vida de los cerca de 26 millones de habitantes que padecen extrema pobreza, sobre todo en las zonas rurales. Esta política, consiste en la búsqueda de un patrón de desarrollo sustentable y presenta dos facetas relevantes para las acciones que emprende el país para enfrentar el cambio climático global.

- 1) La economía del país necesita un crecimiento mayor que ritmo al que crece su población, cuyo dinamismo está regido ahora por un proceso de transición demográfica. Sólo podrá crecer la economía nacional si lo hace también la producción de energía y consecuentemente, las emisiones de GEI's.
- 2) Las acciones de mitigación del cambio climático, pueden determinar efectos benéficos para los objetivos antes reseñados, de la política ambiental, al contener las tendencias de deterioro en el sector forestal; fomentar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en particular de los bosques y selvas, contribuir a combatir la pobreza rural extrema, mejorar la eficiencia energética y reducir la contaminación ambiental.

Dependiendo de las políticas o acciones que sean aplicadas en estos sectores, pueden aumentar o disminuir la eficiencia en la transformación de energía,

disminuyendo o aumentando el consumo de combustibles y por ende incrementar o reducir las emisiones de GEI's.

Para reducir el consumo de combustibles, se requiere básicamente un estudio global de uso y transformación de energía, como las interacciones energéticas son muy complejas y dependen entre otras cosas de cambio de fuentes, mejoramiento de tecnologías, actividades sociopolíticas y factores económicos, como esto es muy complejo, cualquier cosa que se proponga o se obtenga tendrá un amplio rango de incertidumbre.

En resumen México está aplicando las siguientes acciones de mitigación para reducir los GEI's:

- 1) Buscar una eficiencia energética creciente, mejorando la calidad o substituyendo los combustibles (por ejemplo el gas natural está desplazando el consumo de otros combustibles fósiles),
- 2) Promoción del ahorro en el consumo de energía, en todos los sectores que utilizan energía transformada,
- 3) Promoción del uso de fuentes alternativas y renovables,
- 4) Modernizar el sector industrial, ofreciendo para ello nuevas alternativas tecnológicas que tienen por efecto reducir el impacto ambiental de las emisiones,
- 5) Ordenamiento del territorio, a través de la modificación del marco institucional y jurídico, para evitar los cambios en el uso del suelo; y,
- 6) Modernización del sector transporte, de tal forma que reduzcan las emisiones y el consumo de combustibles por unidad transportada, sea pasajero/kilómetro o carga/kilómetro.

Con la aplicación de estas acciones correctivas, en México, las **emisiones no emitidas** en 1996 fueron:

- En programas de ahorro y uso eficiente de energía - 3 millones de toneladas de CO_2 ,
- Sustitución de combustibles (cambio en las políticas de generación de electricidad, se incrementó el uso de gas natural y se prohibió el uso de aceites residuales pesados (combustóleo): - 0.57 millones de toneladas de CO_2 ,

- Por el uso de energía proveniente de fuentes renovables, no se emitieron aproximadamente - 1.4 millones de toneladas de CO_2 .

En un escenario que se considere una gran penetración de gas natural en el sector transporte, residencial, comercial y público, la de gas de efecto invernadero (GEI's) disminuiría del 1 al 3 por ciento adicional por año.

A continuación se ilustran las emisiones de GEI's que México esperaría **mitigar** en el año 2010, si mejoran 10 tecnologías que actualmente están en uso y que se supone deben de evolucionar para una mejor transformación de energía, entre ellas la generación de electricidad se considera que será producida en un Centrales Termoeléctricas de ciclo combinado:

Cuadro 58
Mitigación de emisiones de CO₂ año 2010
por mejoras tecnológicas

Escenario tecnológico	Mitigación Tg de CO₂
Lámparas Compactas Fluorescentes	1.1
Bombeo Eficiente	0.5
Calentadores Híbridos	2.0
Iluminación Comercial	0.5
Calderas Industriales	2.3
Cogeneración	17.5
Autobuses ZMVM	1.0
Generación Eólica	5.8
Metro y Tren Ligero ZMVM	4.0
Motores Industriales.	0.4
Totales	34.1

Tg = 1x10¹⁵ gramos.

6. Planeación de acciones de mitigación en México

La política ambiental de México en la actualidad, tiene la obligación de frenar las tendencias históricas que tradicionalmente se han dado en el deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales, así como contribuir a lograr un crecimiento económico significativo, mediante procesos productivos más limpios (Mitigación), y desarrollar servicios que mejoren en alguna medida las condiciones de vida de los cerca de 30 millones de habitantes que padecen extrema pobreza (INEGI 1999), sobre todo en las zonas rurales.

El Instituto Nacional de Ecología, en el año 2000, presentó el documento "Ecología Nacional de Acción Climática" en esta publicación se señalan las acciones sectoriales que se están aplicando para la mitigación de GEI's:

a) Sector de transformación de energía

La Secretaría de Energía de México, reconoce la necesidad de satisfacer los requerimientos de energía en todos los sectores consumidores (Industrial, Comercio, Residencia, Servicios Públicos, Agropecuario, etc.), a fin de promover el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la población

y la producción, en un entorno de competitividad, sustentabilidad y armonía con el medio ambiente. En este sentido, los esfuerzos por mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero se han dirigido tanto a la producción de insumos como a la transformación de la energía a través del suministro de mejores combustibles y la promoción de fuentes alternas de energía. Por otro lado, han inducido cambios en los patrones de consumo de energía entre diversos sectores de la economía, por ejemplo, a través de la sustitución de aceites residuales del petróleo (combustoleo) por gas natural y la promoción de mayores niveles de eficiencia en el consumo de energía.

En forma sucinta, las acciones concretas que se aplican en México para la mitigación de emisiones de GEI's son:

- Promoción del uso de gas natural,
- Cambio estructural del subsector eléctrico actual a Centrales termoeléctricas de ciclo combinado,
- Ampliación de la red de distribución de gas natural,
- Ahorro y uso eficiente de la energía,
- Programa de ahorro del sector eléctrico,
- Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE),
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE),
- Normalización de productos,
- Proyectos de cogeneración,
- Cambio estacional de horario (horario de verano),
- Mejoramiento de combustibles (disminución de las cantidades de azufre y elementos residuales nocivos), a pesar del elevado costo de inversión y operación que significa esta medida,
- Eliminación de los compuestos de plomo de la gasolina,
- Mejoramiento de la calidad del diesel,
- Reducción de los componentes volátiles en el gas licuado de petróleo, con esto hay menos emisiones de hidrocarburos de alto nivel de reactividad, que son precursores en la formación de ozono antropogénico; y,

- Promoción para utilizar fuentes renovables en la generación de energía (hidroeléctricas, geotermoeléctricas, colectores de energía solar y energía eólica).

b) Sector industrial

México ha realizado y está realizando avances de acuerdo con las medidas que propone el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que recomienda reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector industrial, mediante una mayor eficiencia energética, así como la prevención y el control de la contaminación.

Con este esquema, se están desarrollando en el sector industrial las siguientes acciones:

- Revisión de procesos productivos para optimizar su desempeño ambiental,
- Uso eficiente de energéticos,
- Sustitución de materiales,
- Uso de combustibles que contaminen menos, independientemente de un mayor costo,
- Patrones de producción más limpios y eficientes,
- Reciclaje de subproductos y residuos,
- Se han desarrollado acciones significativas en materia de:
 - Modernización del marco regulatorio, de tal forma que:
 - ❖ Garantice la competitividad de los productores nacionales,
 - ❖ Mejorando o sosteniendo la estructura arancelaria.
 - ❖ Libre importación de maquinaria y/o equipo que no se produce en el país, pero que garantiza la prevención o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Revisión del sistema normativo en congruencia con las nuevas condiciones y exigencias ambientales del país; las normas se han modificado a partir de consideraciones ambientales. Se establecen límites en función de la capacidad de carga del medio receptor o del posible riesgo ambiental. Para un ecosistema dado, estos límites son independientes de la índole del agente emisor. Pierde así relevancia la noción de mejor tecnología de control disponible, ya que los límites

exigidos no están vinculados a procesos específicos. Por una parte se hace un análisis interno del costo ambiental diferencial en la regulación y, por otra, se reconoce que el costo ambiental varía según las características de cada ecosistema. Este nuevo marco normativo ofrece un amplio espectro de medidas preventivas a través de modificaciones a los procesos productivos en lugar de controlar tan sólo las emisiones al final de los procesos de producción o transformación,

- Ordenamiento Ecológico Territorial, este procedimiento permite evaluar, acotando las actividades y vinculando la planeación territorial ambiental,
- La modernización de la regulación ambiental de la industria, promueve simultáneamente programas voluntarios de gestión ambiental, que impulsan la autorregulación industrial y buscan favorecer:
 - El aprovechamiento de los beneficios que brinda la aplicación de tecnologías más limpias,
 - El desarrollo de auditorías ambientales para mejorar el desempeño ambiental,
 - El otorgamiento de estímulos a empresas que cumplan más allá de las obligaciones normativas; y,
 - Un enfoque preventivo multimedios que minimice la emisión de contaminantes y ahorre energía y recursos.

Existen varias normas ambientales obligatorias que enfatizan el control y la prevención de contaminantes y promueven una modernización de la planta industrial. Estas normas inducen una reducción de emisiones, la optimización de procesos de combustión y el ahorro energético, constituyendo acciones de mitigación indirecta.

Entre ellas destacan:

La NOM-085, procura tanto la sustitución de fuentes de energía como la optimización de procesos de combustión.

Establece límites máximos permisibles a la emisión de SO₂, NO_x, PST y CO, bajo un esquema diferenciado de límites dependientes de la región en que se producen, muy asociada a la sustitución de combustóleo y otros combustibles sólidos por gas natural. Esta norma ha inducido el consumo de gas natural.

La **NOM-086**, muy ligada a la anterior, establece las características que deben cumplir los combustibles derivados del petróleo para satisfacer exigencias ambientales.

c) Sector residencial (desarrollo urbano)

En el año 2000, la población de México llegó a los 100 millones de habitantes, de los cuales un 63 por ciento son residentes urbanos. En el mediano y largo plazo, un crecimiento más ordenado de sus ciudades contribuirá a la mitigación del cambio climático. Entre los programas y acciones que contribuyen al logro de este propósito destacan:

- *Programa de ordenamiento territorial y promoción del desarrollo urbano.*- Los instrumentos de ordenamiento ecológico y urbano, contribuyen de manera importante a contener los procesos de deterioro o destrucción de la cubierta vegetal, al tiempo que promueven cambios en las pautas de utilización del territorio que reducen las tensiones ambientales y favorecen el uso eficiente y racional de los recursos naturales,
- *Programa 100 ciudades.* Tiene como propósito garantizar el desarrollo urbano ordenado de un conjunto de 116 ciudades medias y pequeñas que mantienen importante influencia en su entorno ecológico, social, económico y cultural,
- Para el logro de estos objetivos, están en curso siete líneas de acción, entre las que destacan, por su relación con la mitigación de los efectos del cambio climático, las siguientes:
 - Regulación del uso del suelo y administración urbana,
 - Incorporación ordenada de suelo al desarrollo urbano,
 - Modernización de vialidad y fomento del uso de transporte público,
 - Manejo de residuos sólidos,
 - Consolidación de las principales zonas metropolitanas del país; y,
 - *Programas de calidad del aire.*- Estos programas tienen como objetivo lograr la reducción gradual de los niveles de contaminación y tener un menor número de contingencias ambientales al año. Se espera eliminar, en promedio, entre 50 por ciento y 10 por ciento de las emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas de origen antropogénico.

En general, las medidas incluyen acciones para lograr una industria limpia, vehículos no contaminantes, transporte público eficiente y abatimiento de la erosión del suelo.

d) Sector comunicaciones y transportes

Las acciones de mitigación del sector de comunicaciones y transportes, incluyen el mejoramiento de la infraestructura, modernización de los vehículos de autotransporte y la promoción de medios de transporte menos contaminantes. Entre las medidas adoptadas figuran:

En materia de transporte carretero:

- Mejoramiento de las condiciones de diseño y utilización de las carreteras,
- Construcción de carriles de ascenso en tramos de topografía difícil, que muestren elevados volúmenes de tránsito,
- Mejora del entorno ecológico de los caminos a través de la reforestación,
- Continuidad a la circulación de largo itinerario mediante la construcción de libramientos y accesos eficientes, cuando los volúmenes de tránsito así lo justifiquen,
- Desarrollo de proyectos que propicien una mejor articulación intermodal de la infraestructura carretera,
- Oferta de tarifas de peaje más bajas, convenios tarifarios por uso frecuente, estacionalidad, tipo de usuario y condiciones regionales, que fomenten el uso de mejores carreteras y ahorren combustible.

En materia portuaria:

- Formulación de nuevas Normas Oficiales Mexicanas, con especial atención a los aspectos relacionados con el control de la contaminación.
- Desarrollo del transporte multimodal, a través de Administradoras Portuarias Integrales y con participación de las empresas navieras, para mejorar el control de los movimientos de carga desde su origen, hasta su destino y hacer más eficiente el uso de combustibles.

- Introducción de nueva tecnología que contribuya al reemplazo de los equipos obsoletos, con consideraciones ambientales.
- Desarrollo de infraestructura que permita un enlace eficiente entre los puertos, las carreteras y los ferrocarriles.
- Normatividad más estricta en materia de emisiones para vehículos automotores de combustión interna.
- Este conjunto de acciones, que tiene por objetivo mejorar las condiciones de transporte y una modernización del sector, constituyen acciones de mitigación al evitar emisiones en el transporte de carga o pasajeros y acortar distancias de recorrido.
- Fortalecimiento Institucional: desarrollo de metodologías y proyectos experimentales.

7. Modelos para comparar acciones o políticas de mitigación

En este tipo de acciones, como en todas las actividades que realiza el ser humano, se guían por la relación de Costo-Efectividad, que es siempre el motor de todo desarrollo. Como el costo de la Mitigación incluye un número diverso de componentes para cada acción y estos son muy difíciles de medir, se recurre a los modelos de Energía que usando Algoritmos y Programación, pueden encontrar la trayectoria optima de precios, emisiones, mezcla de combustibles y tecnología, los modelos más conocidos son:

- **Nordhaus Study.** Mediante una regresión logarítmica-lineal de mínimos cuadrados, se estima la relación entre las reducciones de emisiones de CO_2 y los costos por tonelada de Carbono emitida en el año que se quiera hacer la referencia, los resultados de este modelo se expresan gráficamente como costo equivalente por tonelada de CO_2 equivalente, en sí, este modelo representa los costos de mitigación como "lo mejor que se pudo haber hecho"⁽⁷⁾, porque no toma en cuenta las barreras institucionales, ni la eficiencia económica, debido a su imperfecta distribución.
- **Mane and Richels Study.** Este modelo es de desarrollo global, incluye los costos de abatimiento en escenarios proyectados a largo plazo, la proyección económica, precios de combustibles y uso de nueva tecnología. Considera un desarrollo económico lento y la expansión más eficiente (bajas emisiones por las mejoras tecnológicas).

- **Jorgenson and Wilcoxon Study.** Es una simulación a largo plazo en el modelo económico de EUA. Midiendo los efectos de las políticas de energía y ambientales sobre las variables económicas en el desarrollo mismo, aunque utiliza datos desagregados para las emisiones de CO_2 , no toma en cuenta las posibles reducciones del mismo en los próximos treinta años o más.
- **Edmonds and Reilly Study.** Este modelo simplifica la inclusión de las variables económicas en que se genera CO_2 , a partir de combustibles fósiles. El modelo divide la economía global en nueve regiones para el mercadeo de energía y seis categorías primarias, tres de las cuales varían sus emisiones de CO_2 de acuerdo con la energía consumida, e incluye un modelo de demanda de energía para una población simple; actividades regionalizadas y producción de energía con cambios tecnológicos; su única desventaja es que no incluye las posibles inconsistencias en los datos y que el ancho que se puede proyectar es incierto.

8. Problemas en comparación de opciones de mitigación

El principal problema de los modelos que proyectan las acciones de mitigación es la incertidumbre del mercado

9. Conclusiones

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) pretende lograr estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera reduciendo las causas antropogénicas.

Cuando las acciones básicas de mitigación estén cubiertas, se deberán usar modelos que permitan mediante Algoritmos y Programación, obtener la ruta optima de precios, mezcla de combustibles y tecnología para abatir aun más las emisiones de GEI's.

México, como país en desarrollo, está realizando acciones institucionales y sectoriales que le permitirán alcanzar las obligaciones que contrajo, al firmar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Actualmente está en un proceso de transición en donde busca crecer económicamente, pero cumpliendo con la viabilidad social y ambiental.

El estudio de las acciones de mitigación de GEI's, que pueden incidir en el Cambio Climático, han permitido elaborar un Programa Nacional de Acción Climática (PNAC), de este Programa se espera una mayor coordinación de acciones, así como un compromiso interno de considerar los efectos globales que tienen las diferentes acciones; establecer un patrón de desarrollo sustentable, lo mismo que una estrategia nacional para minimizar el posible cambio climático en nuestro país.

Bibliografía

- 1) *Technologies for Improving Efficiency of energy Conversion and Utilization and the Effects on Global CO₂ Emission.*
- 2) *OECD en cifras, edición 2000, Estadísticas de los países miembros.*
- 3) *BP Statistical Review of World Energy.* British Petroleum, Londres 1999.
- 4) *IEA Statistics, 1999.*
- 5) *El PIB medido en "Purchasing Power Parity", 1998.*
- 6) *"SI:422 Air Pollution Control Orientation Course"* del Instituto de Capacitación en la Contaminación del Aire (APTI) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA)
- 7) *Mitigation Report, chap2, June 1991.*

Anexo 1

Potencial de energías alternas en centros urbanos de países desarrollados

Introducción

La expectativa general sobre la distribución de la población entre los asentamientos rurales y los urbanos, es que continuará la tendencia actual a emigrar desde una zona rural a los centros urbanos, esto debido en primer lugar a que gracias a las nuevas técnicas agrícolas se produce mayor cantidad de alimentos, con menor mano de obra humano; y en segundo lugar, a que cada vez la población urbana, genera mayor demanda de servicios la cual debe ser cubierta. Algunas proyecciones muestran que en el año 2025, la población urbana mundial será aproximadamente de 85 por ciento en los países industrializados y de 60 por ciento en países en desarrollo. Así pues, el consumo de energía mundial se concentrará en los centros urbanos.

El mundo en desarrollo, en donde se verá el mayor crecimiento de población, tendrá en 25 años a la mayoría de la población urbana. Al requerir los gobiernos de estos países de un crecimiento económico mayor (< 5%) a fin de incrementar su nivel de vida, de igual manera la demanda de energía tendrá tasas más elevadas que en los países industrializados.

Así pues, se espera que en las próximas décadas, la demanda de energía *per cápita* se incremente a la par de la población en los países en vías de desarrollo. La mayor parte del incremento en la demanda, será en los centros urbanos. En la mayor parte del mundo, el uso de los combustibles fósiles con sus problemas de contaminación locales (NO_x , SO_2 , partículas) y globales (CO_2), especialmente en el sector transporte, difícilmente podrá ser extrapolado en un futuro dentro de un escenario común de negocios y los problemas serán inimaginables

Es en este contexto de ideas, donde el explorar el uso de energías alternas, en los centros urbanos de países en desarrollo, se convierte en una tarea interesante. Se entiende por energías alternas todas aquellas que pudieran reemplazar a las energías secundarias derivadas del petróleo y el carbón, incluyendo la conservación de energía que reduce la demanda de estas energías secundarias. Este interés específico, se debe al hecho de que las energías secundarias producen los principales contaminantes que afectan el ambiente urbano o regional, o bien, contribuyen a la acumulación de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI's).

En general, y aceptando de antemano, que habrá excepciones justificadas, se esperararía que en el mediano y corto plazo, la tendencia a disminuir los problemas

urbanos ambientales, se encaminara a la utilización cada vez mayor, de las siguientes dos energías secundarias: la electricidad y el gas natural

A fin de analizar en dónde se obtendría mayor beneficio al reemplazar las energías convencionales por energías alternativas, es conveniente elaborar un balance de energía local o regional y así emplear datos lo más detallados posible. Para ejemplificar lo anterior, digamos que la electricidad consumida en los centros urbanos proviene de plantas hidroeléctricas, entonces parecería inadecuado reemplazar la demanda doméstica, con celdas fotovoltaicas instaladas en los tejados de las casas (asumiendo que estas hayan alcanzado precios competitivos).

Sector transporte

De los cuatro de sectores que utilizan energía secundaria, el sector transporte es el más grande. Los modelos de consumo en este sector varían fuertemente de país a país. En Europa, donde la gasolina tiene impuestos altos, el diesel es el combustible que predomina, mientras en los EUA, sucede lo contrario ya que los precios de la gasolina son mucho menores.

La nueva política a aplicarse, debería ser la racionalización del uso de vehículos privados y esto únicamente sería posible si se contara con un sistema de transporte masivo eficiente. Un ejemplo a seguir por los países en desarrollo, es el caso bien conocido de Curitiba, la capital del Estado de Paraná en el Brasil (Scientific American, March 1996). Este se organiza en un sistema de transporte terrestre basado en cinco ejes, estructurados desde el centro hasta la periferia, por tres avenidas paralelas. La avenida central es de doble carril, donde grandes expresos de doble y triple longitud (autobuses articulados) corren en direcciones opuestas con amplias estaciones de autobuses en las terminales y otras de mediana longitud cada dos kilómetros.

Las dos avenidas laterales cuentan con tres carriles en donde los vehículos particulares van en direcciones opuestas. Las líneas de autobuses conectan a los distritos periféricos a lo largo de calles concéntricas (al centro de la ciudad) utilizando autobuses de menor tamaño. Las líneas locales usan autobuses pequeños, estas llevan a la gente a los autobuses (expresos) interdistritales. Como resultado tenemos que a pesar de que la ciudad ha aumentado de 300 000 ciudadanos en 1950 a 2.1 millones en 1990, y siendo la segunda ciudad en Brasil con mayor número de automóviles privados per capita, 75 por ciento de todos los abonados (1.3 millones de pasajeros por día) usan el sistema público de autobuses, con un rendimiento per cápita 25 por ciento menor al de otras

ciudades Brasileñas, siendo también de las ciudades con atmósfera más limpia (libre de smog).

En el cercano plazo, el cambio de gasolina/diesel por Gas Natural (GN) y Gas Licuado Propano (GLP) es deseable, especialmente en el sistema de transporte público que continuamente está en operación. De los 44 256 microbuses en operación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), ya han sido transformados 8 500 temporalmente a GLP y en el futuro próximo se planea transformarlos a GN. (Sistema de Información del Departamento del Distrito Federal, Gasea Natural: http://sma.df.gob.mx/gas_natural/seg_muca.htm). Este reemplazo de combustible tiene la ventaja de reducir las cantidades de contaminantes en el ambiente y consecuentemente mejora la calidad del aire en la ciudad. Muchas ciudades a nivel mundial han iniciado acciones en esta dirección y los primeros resultados han sido bastante positivos.

A nivel mundial, el Gas Natural está siendo utilizado por millones de vehículos; el mercado Argentino es el mercado con mayor crecimiento en la utilización de gas natural para el sector de transporte, con aproximadamente 350 000 vehículos; los EUA tienen a su vez 80 000 vehículos (Friker y Palmer, "Natural Gas Technologies: "A Driving Force for Market Development" Conference Proceedings, IEA, September 1996).

Biocombustibles podrían también ser utilizados en motores de combustión con grandes ventajas para el ambiente; por ejemplo, el CO₂ emitido tiene el carbón reciclable y no contribuye a las emisiones de Gas Efecto Invernadero (GEI's). Los Estados Unidos de América (EUA) en la actualidad producen 120 millones de litros al año de biodiesel con importantes expectativas de crecimiento en el futuro. El Brasil produce 12 billones de litros de alcohol de caña de azúcar y los EUA 3 billones de litros del maíz para el sector de transporte. (Larson, Technology for Electricity and fuels from Biomass, Annual Review of Energy and Environmental, col. 18, p. 567, 1993).

A largo plazo, las nuevas tecnologías madurarán y serán más amigables con el sistema ambiental. El automóvil eléctrico será la solución final, mediante un sistema de pila o con una celda de combustible. Obviamente, las baterías se recargarán con la electricidad traída a las ciudades desde estaciones que la generen fuera de la misma, y pueden o no ser derivados del petróleo. Si no se usan derivados de petróleo, obviamente habrá una reducción en las emisiones de GEI's, lo que haría muy amigable este sistema para el ambiente. Por otra parte, las celdas de combustible requieren de hidrógeno para operar, porque en la actualidad no es práctico llevar hidrógeno puro en el vehículo; otros combustibles que pueden almacenarse en el tanque del vehículo, tendrán que ser procesados a

bordo para producir el hidrógeno necesario. En la actualidad, los más probables serían los derivados del petróleo como la gasolina, que, mediante un micro reformador generará el hidrógeno y alguna cantidad de CO_2 que sería un GEI's. Aún, si un alcohol derivado de la biomasa, podría reemplazar al combustible derivado del petróleo, entonces el sistema sería más amigable con el ambiente, porque el carbono del CO_2 se reciclaría.

Sectores residencial, comercial y de servicios

Este sector tiene un gran consumo de GLP, básicamente en el subsector doméstico, con el objeto de calentar agua y cocinar. Un estudio reciente (Quintanilla y Bauer: *Prefeasability Study of the Use of Solar Energy to Substitute LPG for Domestic Water in México City Report prepared for World Bank, July 1998*) muestra que la demanda de GLP en México crece entre el cinco y seis por ciento e indica que la mitad del GLP se utiliza para cocinar y la otra mitad para calentar agua. El mismo estudio describe pruebas que se han hecho calentando agua con colectores solares y se concluye que estos podrían reemplazar al GLP de los calentadores; el reemplazo de GLP en las casas, podría reducir el consumo del mismo cerca de 2.7 millones de barriles equivalentes de petróleo por año (13% del total).

La mezcla de combustible usada en los hogares varía en función del nivel de ingresos familiares. En la ZMCM, en los grupos de bajo de nivel de ingreso, el consumo de energía alcanza aproximadamente 25 millones de BTU al año y consiste de 32 por ciento de combustibles no comerciales, 40 por ciento de GLP y 18 por ciento electricidad. Para un hogar con altos niveles de ingresos, el consumo de energía es cuatro veces mayor al grupo anterior, esto es, del orden de 100 millones de BTU al año; consiste de 55 por ciento de GLP y 45 por ciento de electricidad (Barojas y Bazán: la comunicación personal).

El GLP utilizado para cocinar, puede ser sustituido por electricidad o gas natural. Se debe tener cuidado sobre la elección posterior, teniendo en cuenta que el impacto ambiental dependerá fuertemente del tipo de combustible que se utilice para la generación de electricidad.

Se ha argumentado que las fugas de GLP en los pilotos de las estufas en las cocinas, son uno de los contribuyentes más importantes a la concentración de hidrocarburo en la atmósfera de Ciudad de México, actuando como precursor para la producción de Ozono. (Blake y Rowland, *Urban Leakage of liquified*

Petroleum Gas and its Impact on México City Air Quality, Science, vol. 269, p. 953, 1997). De los cinco sectores en que se dividieron los hogares de la ZMCM, las fugas de GLP en los pilotos en estufas de gas, se concentran en los cuatro niveles más bajos, debido a la carencia de mantenimiento. Esto crea un serio interés debido a que en 1996, según un estudio efectuado por las industrias petrolera y gasera mexicanas, esas fugas eran de aproximadamente 250 000 toneladas al año y son responsables de la formación de 10 al 30 por ciento del Ozono antropogénico en la atmósfera urbana, así pues, la reparación de esas fugas ha llegado a ser una prioridad para las autoridades de la ciudad (Programa de Calidad del Aire de la Cd, De México 1995-2000).

A largo plazo, quizás este sector podría contribuir también al reemplazo de combustibles fósiles, mediante la instalación de celdas fotovoltaicas sobre los tejados de casas y edificios. En la actualidad, su costo es todavía alto considerando que debe incluirse también un almacenaje de energía, pero dada la rápida marcha en las innovaciones tecnológicas y el incremento en los derivados del petróleo, que se usan en las unidades generadoras de electricidad, como el costo total de la producción de electricidad tiende a los valores externos de kW generado-hr, las celdas fotovoltaicas podrán tener un costo competitivo en el futuro. Esto podría llegar a ser entonces una fuente importante de electricidad generada dentro de las ciudades.

El sector industrial

El sector industrial consume la cantidad más grande de electricidad, así como también todos los combustibles pesados en la ZMCM. La mayoría de los mismos se usan para producir vapor en calderas de baja temperatura. El uso de colectores solares para precalentar el agua antes de entrar a las calderas, podrían ser una aplicación importante para reducir el consumo de combustibles pesados. Esto seguramente beneficiaría al ambiente, ya que los combustibles pesados comúnmente contienen cantidades considerables de azufre, que generan emisiones de SO_x altamente contaminantes. También la cantidad de carbón en el combustible produce CO_2 , un GEI's, y en las calderas con poco mantenimiento, la emisión de partículas es muy usual. Adicionalmente existe NO_x proveniente del uso de aire (79% N_2 y 21% O_2) como comburente en las calderas.

La utilización de desechos urbanos para producir electricidad debería de ser considerada. Un análisis reciente en México (Barojas L. "Reuso Energético de los Residuos Sólidos Municipales", en Federalismo y Desarrollo, BANOBRAS, año II, abril/mayo/ junio 1998.), muestra que los desechos urbanos producidos por todas

las ciudades en México con más de 100 000 habitantes, es del orden de 18.4 millones de toneladas métricas al año, lo que puede generar suficiente biogas en los basureros, para abastecer una planta generadora de electricidad de la orden de 150 MWe.

En centros urbanos muy grandes, la operación de la rejillas eléctricas mejoraría si la pequeña capacidad generadora pudiera integrarse a la red. Las celdas fijas de combustible podrían fácilmente tomar este papel, especialmente donde las redes de distribución de Gas Natural ya están establecidas. Las celdas de combustible son modulares y su operación e instalación son muy flexibles. Como se ha visto, su gran eficiencia y baja producción de contaminantes, las hacen ideales para esta aplicación.

Conclusiones

El uso de energías alternas en centros urbanos está creciendo, impulsadas principalmente por las cuestiones ambientales. Los dos reemplazos inmediatos de energía secundaria para el petróleo, el carbón y sus combustibles derivados son la electricidad y el gas natural. Algunas aplicaciones directas de energía solar han iniciado la penetración comercial, específicamente los colectores solares para el calentamiento de agua en los hogares y sectores de servicios. En el futuro habrá muchas nuevas tecnologías que harán a las energías alternas más atractivas y accesibles; las celdas de combustible y los paneles fotovoltaicos serán probablemente los más importantes.

Hoja de Autores

Gerardo Bazán Navarrete nació en la ciudad de México y cursó la carrera de ingeniero químico en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Cursó maestría en administración en la UNAM y especialización en planeación energética - SACLAY en Francia y Brookhaven, Estados Unidos. Realizó diferentes diplomados y especializaciones en calidad, administración, planeación tecnológica y planeación ambiental. Desde 1965, es profesor de matemáticas en la UNAM.

Cuenta con 35 años de experiencia dentro del sector energético, desempeñando diferentes cargos en Petróleos Mexicanos (1965-1998), Secretaría de Energía (1973-1980) e Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (1999-a la fecha). A partir de 1999, está integrado a la Coordinación de Vinculación de la UNAM. Ha sido representante de México en el Consejo Mundial de Energía, Naciones Unidas y en la Organización Latinoamericana de Energía. Ha participado en la realización de estudios de la vinculación energía - medio ambiente para el Programa Universitario de Energía-UNAM, Comisión Ambiental Metropolitana y Banco Mundial.

Gerardo Bazán González, nació en la ciudad de México y cursó la carrera de ingeniero electrónica y comunicaciones en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México (ITESM-CEM). Ha cursado las siguientes maestrías: en Economía y Finanzas en la Universidad de Manchester, Inglaterra, especializándose en Opciones Reales del Sector Energético, en Ingeniería en Administración de Proyectos en la Universidad de Birmingham, Inglaterra. Curso los diplomados de Administración Estratégica y Control de Calidad en la UNAM.

Cuenta con gran experiencia laboral en el sector energético. Ha desempeñado diferentes cargos en Petróleos Mexicanos, en la Dirección de Planeación Corporativa (1998-2000). Fue asignado como supervisor y líder en el desarrollo de diversos modelos de simulación en el Stanford Research Institute (SRI) de la Energy and Chemical Division y Desarrolló modelos de precios y benchmarck (1999). Ha supervisado operaciones en cuatro países de Latinoamérica desarrollando flujos de trabajo y administración de recursos para Memex International Icn.

División Latinoamericana (1996). Estuvo como investigador invitado desarrollando arreglos electrónicos para la inspección de contenedores nucleares, para el gobierno de los Estados Unidos en Southwest Research Institute (SWRI), en la Non-Destructive Science and Technology División (1994).

J.A. Ramón Muñoz Ledo Carranza, nació en Villa Jiménez Mich, y curso carrera y Maestría (Ingeniería Metalúrgica) en el IPN, el Doctorado en Ciencias químicas en la UNAM, es Investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas de 1982 a la fecha y profesor de Computación y Métodos Numéricos en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos de 1988 a la fecha.

Cuenta con veinte años de experiencia en la investigación, entre sus principales trabajos coordinó el desarrollo de los Inventarios de Gases con Efecto Invernadero (GEI's) 1990 y 1991, participó en los inventarios de GEI's: 1988, 1989, 1992, 1993, 1994 y 1995 realizando los cálculos de GEI's por consumo de energía. En este tema participó en varios de los estudios país talleres y congresos internacionales, apoyado por la SEDUE, ONU, EPA, ICF.