



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCENARIOS DE CONSUMO DE
ENERGÍA Y EMISIONES DE GASES
DE EFECTO INVERNADERO DEL
TRANSPORTE DE PASAJEROS DE
LAS ZONAS METROPOLITANAS
DE MONTERREY Y
GUADALAJARA.

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA EN ENERGÍA - SISTEMAS ENERGÉTICOS

P R E S E N T A :

JUAN CARLOS SOLIS AVILA

TUTOR:

DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDO

2009



JURADO ASIGNADO:

Presidente: DRA. JIMÉNEZ CISNEROS BLANCA
Secretario: DRA. SHEINBAUM PARDO CLAUDIA
Vocal: DR. RODRÍGUEZ PADILLA VÍCTOR
1^{er} Suplente: DR. MORILLÓN GÁLVEZ DAVID
2^{do} Suplente: DR. REINKING CEJUDO ARTURO GUILLERMO

Lugar donde se realizó la tesis:

MÉXICO, DISTRITO FEDERAL.

TUTOR DE TESIS:

DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDO

FIRMA

A mi familia

Índice

1. Introducción	6
1.1 El cambio climático	7
1.2 Consideración acerca de los resultados	9
2. Consumo de energía y emisiones de GEI del sector transporte	10
2.1 El auto-transporte y la carencia de información	11
3. Metodología y fuentes de información	16
3.1 Cálculo del consumo de combustible y de las emisiones de GEI	16
3.2 Información base y estimaciones	22
3.3 Escenarios de consumo de energía y emisiones	22
4. Las Zonas Metropolitanas de Guadalajara y Monterrey	29
5. La Zona Metropolitana de Guadalajara	33
5.1 Extensión Territorial de la Zona Metropolitana de Guadalajara	33
5.2 Características Demográficas de la ZMG	34
5.3 La red vial de la ZMG	34
5.4 Características generales del transporte de pasajeros en la ZMG	35
5.5 Estimación del consumo de combustibles del transporte de pasajeros en la ZMG para el año 2007	45
5.6 Inventario de emisiones de GEI para el transporte de pasajeros en la ZMG para el año 2007	48
5.7 Ventas de vehículos en la ZMG	51
5.8 Planes de desarrollo de movilidad, infraestructura y vialidad en la ZMG	54
5.9 Escenarios de emisión al 2020 para la ZMG	55
6. La Zona Metropolitana de Monterrey	65
6.1. Extensión Territorial de la Zona Metropolitana de Monterrey	65
6.2 Características Demográficas de la ZMM	65
6.3 La red vial de la ZMM	67
6.4 Características generales del transporte de pasajeros en la ZMM	69
6.5 Estimación del consumo de combustibles del transporte de pasajeros en la ZMM para el año 2007	79
6.6 Inventario de emisiones de GEI para transporte de pasajeros en la ZMM para el año 2007	82
6.7 Venta de vehículos en la ZMM	85

6.8 Planes de desarrollo de movilidad, infraestructura y vialidad en la ZMM.....	88
6.9 Escenarios de emisión al 2020 para la ZMM	88
7. Comparación de las dos zonas metropolitanas	98
8. Conclusiones	102
Anexo 1: Información base de la ZMG y de la ZMM	105
Anexo 2: La relación velocidad - eficiencia.....	113
Anexo 3: Siglas, símbolos, acrónimos y abreviaturas utilizados	120
Lista de tablas.....	122
Lista de figuras.....	125
Referencias	127

CAPÍTULO 1

1. Introducción

Este trabajo presenta un panorama del consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte de pasajeros en dos de las principales zonas metropolitanas del país, la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM).

A través de evaluaciones sustentadas en información sobre la actividad del transporte de pasajeros en las dos zonas metropolitanas, se estima el consumo de combustibles y las emisiones de GEI (dióxido de carbono o CO₂, metano o CH₄, y óxido nitroso o N₂O) para 2007 y diversos escenarios para el año 2020. La metodología está sustentada en la del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC (1996) y el modelo MEESM para transporte (Sheinbaum et al., 2000)

Se presentan cinco tipos de escenarios: el base o tendencial, y cuatro escenarios de mitigación, los cuales se caracterizan por: a) aumento en la eficiencia vehicular de los vehículos nuevos; b) cambio modal hacia sistemas de transporte masivo, c) aumento en la velocidad de circulación del automóvil privado, lo cual puede estar asociado a nuevas vialidades, u otras mecanismos de control de la demanda o ampliación de la infraestructura, y d) un programa equivalente al Hoy No Circula de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), como caso especial de un mecanismo de control de la demanda.

Los resultados muestran que bajo el escenario tendencial, las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía del sector transporte en las dos zonas metropolitanas pasarán de 12.63 Tg en 2007 a 19.96 Tg de CO₂ equivalente en 2020. En el 2007, el número de vehículos en la ZMM es ligeramente mayor que el de la ZMG, y para el 2020 dicha situación prevalecerá, con un aumento sólo de 1.5 puntos porcentuales en esa diferencia. Sin embargo, debido a la mayor actividad vehicular de los autos privados de la ZMG (47 km diarios vs 25.5 km diarios), las emisiones de esta zona superaron en 2007 a las emisiones de la ZMM (59% vs 41% del total de las dos zonas). Para 2020, la situación será semejante: las emisiones de la ZMG representarán 57.5% de las emisiones totales de las dos zonas.

El potencial de los cuatro escenarios de mitigación para el periodo 2007-2020 es de cerca de 23 millones de toneladas (Tg) de CO₂ equivalente, lo que representa el 10.6% de las emisiones del escenario base (217.45PJ acumulados en 2007-2020), de los cuales, el Hoy No Circula representa el 48.1%, la eficiencia por aumento de velocidad el 23.1%, el BRT 19.5%, y el aumento de eficiencia en vehículos nuevos el 9.3%.

1.1 El cambio climático

De acuerdo con el último reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007):

- Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que abarcan muchos cientos de años. El aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el del metano y óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura.
- El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y la elevación del nivel medio del mar en el mundo.
- A escala continental, regional y de la cuenca oceánica, se han observado numerosos cambios climáticos a largo plazo. Estos incluyen cambios en la temperatura y el hielo árticos, cambios generalizados en la cantidad de precipitación, la salinidad de los océanos, las pautas de los vientos y las condiciones climáticas extremas como sequías, fuertes lluvias, olas de calor y la intensidad de los ciclones tropicales.

- Para las próximas dos décadas, se proyecta un calentamiento de cerca de 0.2°C por decenio para una gama de escenarios de emisiones IEEEE¹. Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y de aerosoles se hubieran mantenido constantes en los niveles del año 2000, podría esperarse un calentamiento de 0.1°C aproximadamente por decenio, debido a la permanencia de GEI en la atmósfera.
- Desde la era preindustrial, las emisiones crecientes de GEI debido a actividades humanas han llevado al incremento en las concentraciones atmosféricas de los GEI.
- Entre 1970 y 2004, las emisiones mundiales de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆, medidas por su potencial de calentamiento mundial (PCM), se han incrementado en un 70% (24% entre 1990 y 2004), pasando de 28.7 a 49.0 Giga toneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂-eq).
- Las emisiones de estos gases se han incrementado en diferentes tasas. Las emisiones de CO₂ han aumentado entre 1970 y 2004 alrededor de un 80% (28% entre 1990 y 2004) y representaban el 77% del total de emisiones de GEI antropogénicas de 2004.
- El mayor crecimiento en las emisiones mundiales de GEI entre 1970 y 2004 provino del sector de suministro energético (un incremento de 145%). El incremento en emisiones directas del transporte en este período fue de 120%, de la industria 65% y de los usos del suelo, cambio de usos del suelo y silvicultura 40%. Entre 1970 y 1990 las emisiones directas de la agricultura crecieron un 27% y las de las construcciones un 26%, permaneciendo estas últimas en los niveles alcanzados en 1990. Sin embargo, el sector de la construcción presenta un alto nivel de uso de electricidad, y por ello el total de emisiones directas e indirectas en este sector es mucho mayor (75%) que el de emisiones directas.

A nivel mundial, las emisiones de GEI provocadas por el consumo de energía en el transporte representaron el 23% en 2004 y se ubican en el segundo lugar en importancia, después de la generación eléctrica. De éstas, el auto particular representa el mayor porcentaje.

¹ Los Escenarios del IEEEE son escenarios de emisiones desarrollados por Nakicenovic et al. (2000) y utilizados, entre otros, como base para la realización de proyecciones climáticas.

México está entre los 20 países con mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo. Aun cuando los acuerdos internacionales en la materia no lo obligan a reducir emisiones, es indispensable que el país visualice los escenarios de reducción en la perspectiva de su propio desarrollo y de la contribución que pueda aportar a la estabilización de las emisiones en el planeta.

En México, el transporte es el sector que más contribuye a las emisiones de GEI y es el de mayor crecimiento. Por ello, analizar las tendencias de las dos zonas metropolitanas del país que le siguen en magnitud a la ZMVM, es indispensable tanto para disminuir el consumo de los derivados del petróleo, como para mitigar las emisiones de GEI; sobre todo cuando ocurre que no existen para la ZMG y la ZMM, a diferencia de lo que ocurre con la ZMVM, inventarios periódicos y recientes de sus emisiones de GEI.

Por otro lado, el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas, que nuestro país ha signado y que es el acuerdo principal que se ha dado la comunidad internacional para reducir emisiones de GEI, establece el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) como un instrumento de intercambio de emisiones entre los países del Anexo 1 (aquellos comprometidos a reducir emisiones) y el resto de los países que han aprobado el protocolo.

El MDL permite obtener recursos económicos mediante la venta de reducción de emisiones de GEI. Para México, el MDL representa una oportunidad para obtener recursos económicos para desarrollar proyectos de mitigación de GEI, que vayan acorde con el desarrollo sustentable del país.

1.2 Consideración acerca de los resultados

Los resultados que se presentan en este trabajo están sustentados en la información a la cual se tuvo acceso. Esta información, así como las estimaciones e hipótesis de construcción de los escenarios, se explicitan en la tercera sección de este documento y en diversos anexos. Es bajo esta perspectiva que deben ser utilizados y analizados los resultados. En la medida que la información base se vaya mejorando los resultados de los modelos construidos serán mejores.

CAPÍTULO 2

2. Consumo de energía y emisiones de GEI del sector transporte

El sector transporte es el mayor consumidor de combustibles en México¹. Su demanda creció en 69.3% durante el periodo 1990-2007 (tabla 2.1). Sin embargo, en la década de 1990 a 2000 la tasa promedio de crecimiento anual fue de 2.6%, mientras que para el periodo 2000-2007, ésta aumentó a 4.8%.

Al analizar el consumo por grandes modos de transporte, se encuentra que en el periodo 1990-2007, el crecimiento de la demanda de combustibles para transporte terrestre por carretera o vialidades (autotransporte) fue de 71%, el de la aviación de 82%, el marítimo de 46%, mientras que el ferroviario cayó 3% (figuras 2.1 y 2.2). Para 2007, el 91% del consumo de combustibles para transporte lo utilizó el autotransporte, seguido por la aviación (6%), el transporte marítimo (2%) y el ferroviario (1%).

Las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, asociadas con la producción y el consumo de energía², tuvieron un crecimiento del 48.7% entre 1990 y 2007 (tabla 2.2). Sin embargo, el aumento de las emisiones del sector transporte fue de 80.6% para el mismo periodo, es decir casi el doble. Para 2007, el sector transporte representó el 39.3% de las emisiones equivalentes de dióxido de carbono (CO₂), seguido por la generación eléctrica (27.6%), el sector industrial (14.1%), el consumo propio del sector energético (10.8%), residencial (5.2%), agropecuario (1.9%) y comercial (1.2%).

Además de los impactos ambientales, el aumento tan acelerado de los combustibles para transporte, en particular, gasolina y diesel, acompañado de la carencia de inversión en refinación nacional, produjo también un incremento acelerado de las importaciones de los combustibles para transporte. Para 2007, se importó el 42% de la gasolina y el 15% del diesel que se consumió en el país (SENER, 2008).

¹ Tomando en cuenta el consumo de combustibles para la generación de electricidad y considerando todo el consumo de energía para aviación.

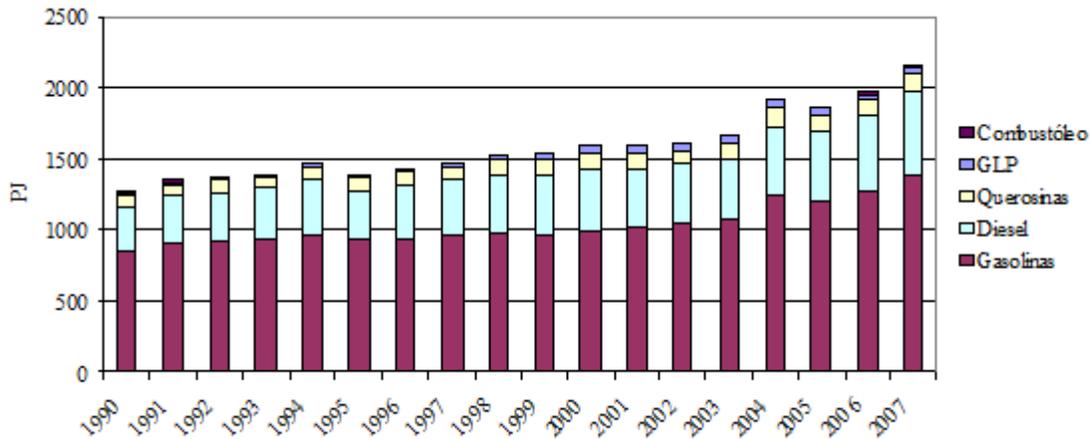
² Las emisiones de gases de efecto invernadero contabilizadas como emisiones equivalentes de dióxido de carbono que incluyen el CO₂, el N₂O (310 veces el CO₂) y el CH₄ (21 veces el CO₂). IPCC, 1996.

Tabla 2.1 Consumo de combustibles por sector en México. (Cifras en Petajoules)

	1990	2007	Crecimiento
Consumo propio	590.69	748.27	26.7%
Generación eléctrica	894.73	1,658.89	85.4%
Industrial	915.21	920.73	0.6%
Transporte	1,271.37	2,152.44	69.3%
Comercial	52.35	79.85	52.5%
Residencial	529.28	575.96	8.8%
Agropecuario	68.43	106.81	56.1%
Total	4322.05	6242.94	44.4%

Fuente: Con base en información del Balance Nacional de Energía (BNE), (SENER, 1997; 2008)

Figura 2.1 Consumo de combustibles del sector transporte



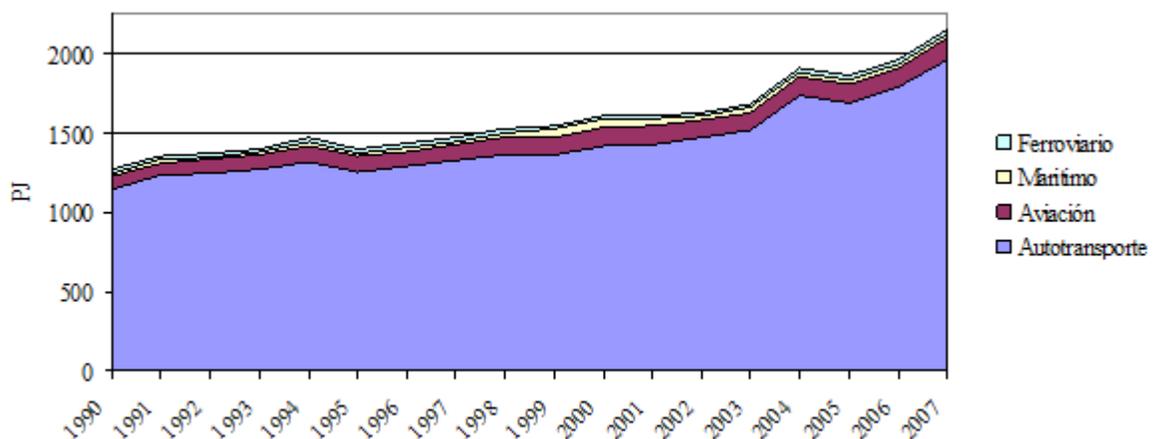
Fuente: Con base en información del BNE (SENER, 1997; 2008)

2.1 El auto-transporte y la carencia de información

El autotransporte, el mayor consumidor de combustibles en el país, se divide a su vez en diversos modos. El transporte inter-urbano y el urbano; y a su vez en transporte para carga y pasajeros. Desafortunadamente, en México no existe información del consumo de energía por modos del autotransporte y solamente se divulgan periódicamente algunos indicadores de actividad que permiten estimarlo de forma indirecta. Los indicadores de actividad y eficiencia del sector transporte son en general, los siguientes:

- Número de vehículos por tipo o modo. Se refiere al total de vehículos en circulación para determinado año por tipo. Para transporte de carga, el tipo se refiere a tamaño del vehículo. Para transporte de pasajeros, el tipo se refiere a los diferentes tamaños de automóvil y autobús.
- Kilómetro recorrido. Se refiere al número de kilómetros que recorre cada vehículo al año.
- Vehículo-km. Es el resultado de multiplicar la cantidad de vehículos de determinado tipo, por su distancia anual promedio recorrida en kilómetros. De manera que, el indicador vehículo-km para el total de la flota, se obtiene al hacer la suma de todos los vehículo-km de cada tipo de vehículo.
- Ton-km. Es el resultado de multiplicar el vehículo-km de cada tipo de transporte para carga, por el promedio de toneladas que lleva cada vehículo por viaje. Así, el indicador Ton-km para el total de la flota de carga, se obtiene al hacer la suma de todos las Ton-km de cada tipo de vehículo.
- Pasajero-km. Es el resultado de multiplicar el vehículo-km por el promedio de pasajeros que lleva cada vehículo por viaje. Ello se hace por cada tipo de vehículo para transporte de pasajeros, por lo que, el indicador pasajero-km para el total de la flota de transporte de pasajeros, se obtiene al hacer la suma de todos los pasajero-km de cada tipo de vehículo.
- Rendimiento vehicular. Es la cantidad de combustible que consume un vehículo por kilómetro recorrido.

Figura 2.2 Consumo de combustibles del sector transporte por modo



Fuente: Con base en información del BNE (SENER, 1997; 2008)

La tabla 2.3 muestra la disponibilidad de información de estos indicadores en el país. Como se puede observar la carencia de información es muy basta, particularmente en lo que tiene que ver con el transporte urbano, que es el mayor consumidor de combustibles en el país y en particular, se desconoce el rendimiento vehicular promedio y los kilómetros recorridos promedio. Por esta razón, la estructura del consumo de energía por modos del autotransporte, tanto a nivel nacional como por regiones, debe construirse de forma indirecta, a partir de la información disponible, estimaciones y consideraciones basadas en experiencias internacionales.

Tabla 2.2 Emisiones equivalentes de CO₂ por sector, asociadas al consumo de energía nacional (Gg de CO₂ equivalente)

	1990	2007	Crecimiento
Consumo propio	37,906	44,695	17.9%
Generación eléctrica	66,800	114,521	71.4%
Industrial	56,004	58,470	4.4%
Transporte	90,311	163,106	80.6%
Comercial	3,731	5,008	34.2%
Residencial	19,665	21,772	10.7%
Agropecuario	5,011	7,810	55.9%
Total	279,427	415,384	48.7%

Fuente: Elaboración propia considerando metodología del IPCC.
La aviación incluye nacional e internacional

Aun así, es claro que el aumento en el consumo de energía para el sector transporte ha tenido como uno de sus factores clave, el aumento en la flota o parque vehicular del autotransporte, en detrimento de otros modos como el ferroviario, por ejemplo. Acorde con la información disponible, la tabla 2.4 muestra los vehículos registrados de acuerdo con el Banco de Información Económica del INEGI. Como puede observarse, entre 1991 y 2008, el incremento en el número de automóviles fue de 161%, el de autobuses de 211% y el de camiones de carga de 153%. De esta forma, el crecimiento del parque vehicular es una de las razones más importantes del aumento de combustibles en el sector transporte.

Visto de otra forma, el número de vehículos de motor registrados en el país, creció a una tasa promedio anual de 5.8%, mientras la población total del país lo hizo en 1.7% anual. De esta forma, la tasa de motorización (número de automóviles por 1000 habitantes) aumentó de 83 vehículos por cada 1000 habitantes en 1991 a 169.7 en 2008 (tabla 2.5).

Tabla 2.3 Información disponible para estimar consumo de combustibles por modo para autotransporte

	Urbano	Inter-urbano	Total
Transporte de carga por tipo			
Total de vehículos por tipo	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	INEGI	INEGI (sin considerar oficiales); Melgar (considera ilegales)
km recorrido	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	ND	ND
Vehículo-km	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	INEGI-SCT	ND
Ton-km	ND	INEGI-SCT	ND
Rendimiento vehicular	Estimaciones para algunos años ZMVM	ND	ND
Transporte de pasajeros por tipo			
Total de vehículos por tipo	Para algunas ciudades, en particular ZMVM	INEGI	INEGI (sin considerar oficiales); Melgar (considera ilegales)
km-recorrido	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	ND	ND
Vehículo-km	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	INEGI-SCT	ND
Pasajero-km	ND	INEGI-SCT	ND
Rendimiento vehicular	Para algunas ciudades, en particular ZMVM (SMA-GDF)	ND	ND

ND: No disponible

Tabla 2.4 Vehículos de motor (autotransporte) registrados en México*

	Automóviles	Camiones de carga	Autobuses
1991	6916.1	3275.4	93.8
1992	7363.7	3473.5	92.1
1993	7691.5	3570.6	84.8
1994	7194.8	3586.0	113.4
1995	7449.4	3571.7	119.8
1996	7812.8	3619.5	96.0
1997	8383.1	3852.1	123.3
1998	9054.0	4038.1	174.2
1999	9557.7	4305.9	198.2
2000	10145.1	4901.1	199.1
2001	11321.5	5353.4	271.2
2002	12220.4	5819.4	297.0
2003	12711.1	6279.5	306.0
2004	13357.6	6667.9	262.8
2005	14269.3	6939.5	267.3
2006	16323.6	7414.0	267.6
2007	17488.7	7818.3	280.9
2008	18077.9	8292.9	292.0
T.C.A.	5.81%	5.62%	6.91%

* No incluye oficiales (INEGI-BIE)

Tabla 2.5. Tasa nacional de motorización

	Población (millones)	Automóviles registrados (miles)	Tasa de motorización (automóviles por 1000 habitantes)
1991	83.0	6916.1	83.3
1995	90.5	7449.4	82.3
2000	97.5	10145.1	104.1
2005	103.0	14269.3	138.5
2008	106.5	18077.9	169.7

Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI.

CAPÍTULO 3

3. Metodología y fuentes de información

3.1 Cálculo del consumo de combustible y de las emisiones de GEI.

Para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año base por cada modo de transporte en un año determinado, se calcula el consumo de energía por modo y por tipo de combustible y utilizan los factores de emisión del IPCC. En este caso, se usan los factores de emisión de la metodología 1996, dado que es la última aprobada por la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas.

Así pues, para calcular el consumo de energía del transporte de pasajeros para el año 2007 (año base) se utiliza la siguiente relación:

$$E_{to} = \sum_{i j k} (V_{ijk} R_{ijk} D_i A_j P_{c_k}) \quad (3.1)$$

Donde

E_{to} : Consumo de energía del transporte de pasajeros en el año base (2007).

V: Cantidad de vehículos de pasajeros en la zona en cuestión (ZMM o ZMG).

R: Rendimiento de combustible del vehículo (litros / km).

D: Distancia recorrida por vehículo al día (km).

A: Días en circulación al año.

P_c : Poder calorífico del combustible (Joules/ litro).

i: Tipo de vehículo.

j: Año modelo del vehículo.

k: Tipo de combustible.

Cabe mencionar que el rendimiento del combustible en el vehículo también puede variar con el transcurso de los años debido a la falta de un programa adecuado de mantenimiento. Sin embargo, en el presente trabajo se considera que ello no ocurre o que es despreciable su efecto.

A su vez, dado que en este trabajo se analiza únicamente el transporte de pasajeros, los modos de transporte o tipo de vehículo (i) que se consideran son:

- Vehículo privado subcompacto o popular.
- Vehículo privado compacto.
- Vehículo privado de lujo.
- Vehículo privado deportivo.
- Camioneta (Usos Múltiples tipos A, B y C)¹
- Camioneta (Usos Múltiples tipos D y E)
- Taxi.
- Microbús.
- Midibús
- Autobús.

De esta forma, conforme al IPCC (1996), las emisiones de CO₂ se calculan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ CO_2 = \sum_k (C_k Fe_k Fo_k) * \frac{44}{12} \quad (3.2)$$

Donde

C: Combustible consumido k.

Fe: Factor de emisión para el combustible k.

Fo: Fracción oxidada para el combustible k

k: Tipo de combustible.

Las fracciones de oxidación se presentan en la tabla 3.1. Por su parte, los factores de emisión (incluyendo ya la fracción oxidada) se presentan en la tabla 3.2.

Respecto de las emisiones de CH₄ y N₂O, éstas se calcularon de acuerdo con una combinación de los factores de emisión sugeridos por el IPCC utilizando el método Tier 2. A diferencia del CO₂, en donde el factor de emisión se establece en g/J, el factor de emisión para estos dos gases se estima en g/km.

¹ Dentro de esta clasificación, propuesta por la industria automotriz mexicana, se consideran a las camionetas ligeras de diferente tipo (minivan, SUVs, etc.), excluyendo las de tipo pick-up, consideradas de carga. En general, los vehículos de Usos Múltiples, tipos A al E, son utilizados para transporte de pasajeros.

Tabla 3.1 Fracción de carbono oxidada

Carbón	0.980
Petróleo y productos	0.990
Gas	0.995
Peat para generación eléctrica	0.990

Fuente: IPCC, (1996b)

Tabla 3.2 Factores de emisión de CO₂ incluyendo fracción oxidable
(TonCO₂/TJ)

GLP	62.436
Gasolinas	68.607
Diesel	73.326
Gas natural	55.820

Fuente: Cálculos propios con metodología IPCC, (1996b)

Las emisiones de CO₂ están determinadas por el contenido de carbono en el combustible, pues prácticamente todo el combustible que se quema, con excepción del que no se oxida (factor de oxidación), se convierte de CO₂. Es por ello que el IPCC recomienda utilizar el factor de emisión en gramos de CO₂ por unidad de energía (joule). Sin embargo, para el CH₄ y el N₂O, las emisiones dependen de la tecnología de control y de los kilómetros recorridos, de forma similar a los contaminantes locales o criterio, como el CO, COV o NO_x, por ello, en este caso se utilizan factores de emisión en g/km. La ecuación para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O es entonces:

$$Emisiones\ del\ gas_n = \sum_{ijk} (V_{ijk} D_i A_j F_{nk}) \quad (3.3)$$

Donde:

V: Cantidad de vehículos de pasajeros en la zona en cuestión (ZMM o ZMG).

D: Distancia recorrida por vehículo al día (km).

A: Días en circulación al año.

F: Factor de emisión del gas n para el combustible k.

Fo: Fracción oxidada para el combustible k

i: Tipo de vehículo.

j: Año modelo del vehículo.

k: Tipo de combustible.

n: Tipo de gas: CH₄ ó N₂O.

Los factores de emisión para el CH₄ y el N₂O se presentan en las tablas 3.3 y 3.4 para automóviles a gasolina y automóviles de otros combustibles, respectivamente. Se decidió utilizar los factores de emisión del IPCC (Metodología 1996) que corresponden a vehículos de Estados Unidos. En este caso, las emisiones dependen de la tecnología de control.

Como puede observarse, el factor de emisión del metano disminuye a medida que el automóvil tiene un mejor convertidor catalítico. Sin embargo, lo contrario ocurre con relación a las emisiones de óxido nitroso, pues estas son mayores mientras mejor es la tecnología de control. Esto pone énfasis en el hecho de que la tecnología de control de las emisiones de contaminantes locales, no necesariamente tiene impacto positivo en las emisiones de GEI. Este es el caso particular del N₂O donde las emisiones son mayores con mejor tecnología, y en el caso del propio CO₂, en donde el convertidor catalítico no representa ningún impacto.

Las emisiones equivalentes de CO₂ se calculan de acuerdo a la fuerza radiativa del CH₄ y del N₂O, determinada en la metodología del IPCC (1996) como:

$$\text{Emisiones de } CO_2eq = \text{emisiones de } CO_2 + 21 * \text{emisiones de } CH_4 + 310 * \text{emisiones de } N_2O \quad (3.4)$$

Se remarca que nuestro año base, tanto para la ZMG como para la ZMM, es el 2007, pues es para dicho año que se tiene información disponible. Se señala también que, debido a las unidades en que se expresan los factores de emisión para el CO₂, es necesario conocer los poderes caloríficos de los combustibles empleados: Estos son de 31.39 MJ por litro para la gasolina y de 35.02MJ por litro para el diesel, promedios para cinco años (2003-2007) de las cifras del Balance Nacional de Energía.

Tabla 3.3 Factores de emisión CH₄ y N₂O para vehículos a gasolina

	Año de incorporación en México	CH ₄	N ₂ O
		g/km	g/km
Auto privado, taxi y combi (1)			
Convertidor catalítico de tres vías	1993 en adelante	0.030	0.170
Convertidores por oxidación	1991-1992	0.070	0.075
Sin control	anteriores a 1991	0.135	0.020
Microbús (2)			
Convertidor catalítico de tres vías	1993 en adelante	0.035	0.236
Convertidores por oxidación	1991-1992	0.090	0.097
Sin control	anteriores a 1991	0.135	0.024
Autobús (3)			
Convertidor catalítico de tres vías	1993 en adelante	0.075	0.606
Sin control	anteriores a 1993	0.270	0.054
Motocicleta (4)			
Con control	1993 en adelante	0.13	0.002

Fuente: IPCC (1996b): (1) Tabla 1.27 US Gasoline passenger cars; (2) Tabla 1.28 US light duty gasoline trucks; (3) Tabla 1.29 US Heavy Duty Gasoline Trucks; (4) Tabla 1.33. US Motorcycles.

Tabla 3.4 Factores de emisión de CH₄ y N₂O para vehículos de combustibles distintos a gasolina

	Año de incorporación en México	CH ₄ (g/km)	N ₂ O (g/km)
Auto privado, taxi y combi a diesel (1)			
Control avanzado	1998 en adelante	0.010	0.007
Control moderado	1994-1997	0.010	0.010
Sin control	anteriores a 1994	0.010	0.014
Auto privado, taxi y combi a GLP (5)			
Control avanzado	1993 en adelante	0.030	0.005
Sin control	anteriores a 1993	0.180	0.005
Auto privado, taxi y combi a GNC (4)			
Control avanzado	1993 en adelante	0.700	0.027-0.070
Sin control	anteriores a 1993	3.500	0.027-0.070
Microbús a diesel (2)			
Control avanzado	1998 en adelante	0.010	0.024
Sin control	1994-1997	0.01	0.063
Sin control	anteriores a 1994	0.01	0.031
Microbús a GLP (5)			
Control avanzado	1993 en adelante	0.030	0.005
Sin control	anteriores a 1991	0.180	0.005
Microbús a GNC (4)			
Control avanzado	1993 en adelante	0.700	0.027-0.070
Sin control	anteriores a 1991	3.500	0.027-0.070
Autobús a diesel (3)			
Control avanzado	1998 en adelante	0.040	0.025
Control moderado	1994-1997	0.050	0.025
Sin control	anteriores a 1994	0.060	0.031

Fuentes: IPCC (1996b) con excepción en donde se indica: (1) Tabla 1.30 US diesel passenger car; (2) Tabla 1.31 US light duty diesel truck; (3) 1.32 US heavy duty diesel vehicles; (4) Tabla 1.43 passenger cars. Para N₂O se toma de IPCC (2006); Tabla 3.2.4; (5) Tabla 1.44 passenger cars, Para N₂O se toma de IPCC (2006)

3.2 Información base y estimaciones.

Las fuentes de información usadas para la estimación de las emisiones en el año base se presentan en la tabla 3.5. A diferencia de la Zona Metropolitana del Valle de México, para la cual la información está disponible a través de los inventarios de emisión elaborados por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, en la ZMM y la ZMG, deben generarse estimaciones basados en la información disponible (Véase Anexo 1).

3.3 Escenarios de consumo de energía y emisiones.

Para estimar el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020, la metodología que se sigue es muy similar a la presentada para el año base. De esta forma, el problema será estimar el parque vehicular para el año 2020, por tipo, edad y combustibles, los rendimientos vehiculares y los kilómetros recorridos. Para ello y en el caso del transporte privado, se consideran las ventas históricas y una tasa de desecho, como lo muestra la ecuación 3.5.

$$V_{(t),i} = \sum_{j=1972}^{t-1} V_{(t-1),ij} * (1 + Td_m) + VEN_{(t-1),i} * (1 + G_{(t),i}) \quad (3.5)$$

Donde:

$V_{(t),i}$: Cantidad de vehículos de pasajeros del tipo i en el año t .

Td : Tasa de desecho vehicular. Depende de la antigüedad m del vehículo.

$VEN_{(t-1),i}$: Ventas del año anterior de vehículos nuevos del tipo i .

$G_{(t),i}$: Tasa de crecimiento anual de las ventas para el año t de los vehículos tipo i .

j : Año-modelo del vehículo.

Para el caso del transporte público (microbuses, autobuses, taxis), se utilizan las tasas históricas de crecimiento para determinar el aumento neto de cada flota, es decir, se prescinde del factor de desecho y de la tasa de crecimiento debido a ventas.

Tabla 3.5 Fuentes de información y estimaciones para determinar parque vehicular por año-modelo y tipo; rendimiento vehicular y kilómetro recorrido

Información	ZMG	ZMM
Parque vehicular por tipo, por año-modelo, para autos privados; 2007	<p><i>Melgar y Asociados (2007)</i> determinan parque vehicular por año-modelo y tipo para todo el Estado de Jalisco para vehículos legales, regularizados e ilegales; INEGI presenta total del parque por municipio.</p> <p>El total del parque vehicular se toma de los datos del INEGI para cada uno de los municipios que componen la ZMG. Para la edad del parque se usa la desagregación dada por Melgar para todo el estado.</p>	<p><i>Melgar y Asociados (2007)</i> determinan parque vehicular por año- modelo y tipo para todo el Estado de Nuevo León para vehículos legales, regularizados e ilegales; INEGI presenta total del parque por municipio.</p> <p>El total del parque vehicular se toma de los datos del INEGI para cada uno de los municipios que componen la ZMM. Para la edad del parque se usa la desagregación dada por Melgar para todo el estado.</p> <p>El resultado es similar al reportado por Gobierno de Nuevo León (2008).</p>
Parque vehicular por tipo, por año-modelo, para micros, autobuses y taxis; 2007	<p>Para taxis el total se toman del INEGI y para la desagregación por edad se utiliza proporción de Melgar y asociados hasta 12 años, máxima edad permitida.</p> <p>El total de midibuses y autobuses se basa en los datos del INEGI, siendo muy similar a la reportada por el estudio del BRT (Gobierno de Jalisco, 2008). La proporción para cada uno se basa el estudio de CEIT (1997). No hay información más reciente.</p> <p>La desagregación por edad se toma de Melgar en la categoría correspondiente, hasta la edad máxima permitida.</p>	<p>Los totales para el 2007 se toman de Gobierno de Nuevo León (2008 y2009). A estos totales se le suma la cantidad de vehículos reportada por el INEGI para los municipios no considerados en estos estudios (Cadereyta, Salinas Victoria y Santiago).</p> <p>La desagregación por edad para taxis y autobuses se basa en información de Gobierno de Nuevo León (2009). La desagregación por edad para microbuses se basa en el documento de CEDEM.</p>
Flota de motocicletas privadas; 2007	El total de esta flota se toma del INEGI para cada uno de los municipios que componen la ZMG.	El total de esta flota se toma del INEGI para cada uno de los municipios que componen la ZMM.
Kilómetros recorridos por modo por año-modelo	Para todos los modos de transporte se basa en CEIT (1997)	<p>Para auto privado se toma el recorrido por viaje del Anteproyecto del Plan Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey y el número de viajes de Plan Sectorial de Transporte y Vialidad.</p> <p>Para taxis, microbuses y autobuses se toma del anteproyecto citado.</p>
Rendimiento vehicular por modo por año-modelo	Inventario de emisiones SMA (2008)	Inventario de emisiones SMA (2008)

A continuación se desagregan las consideraciones del escenario base para las dos zonas metropolitanas.

Autos privados:

- Para 2007 las ventas por tipo de vehículo privado provienen de INEGI (2008). Para el 2008, se asume que las ventas fueron iguales a las de 2007.
- Se considera que el crecimiento vehicular se da debido a las ventas efectuadas en la ZMM menos los vehículos que salen de circulación por desecho.
- Se incorporan a la venta de autos particulares y con ello a esta flota, los llamados Camiones Ligeros de Uso Múltiple, debido a que en esta categoría se encuentran las camionetas que son destinadas al transporte particular de pasajeros. Si bien algunas de ellas podrían ser para carga, la gran mayoría son utilizadas para el otro fin. Los camiones ligeros de uso múltiple están divididos en cinco categorías (A, B, C, D, E).
- De 2009 a 2020, la tasa anual de crecimiento de las ventas, para cada categoría de vehículo privado, es equivalente a la del periodo 1998-2006. Sin embargo, para el periodo de 2009 a 2011, debido a la influencia de la crisis financiera reciente, se hacen las siguientes consideraciones adicionales: las ventas en 2009 disminuyen en un 25% respecto del valor de 2008 (estimación basada en proyecciones de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz), y las ventas de 2011 serán iguales a las del 2008 (situación similar a la ocurrida con la crisis de 1995, cuando las ventas de autos se recuperaron en 3 años). Entre 2009 y 2011 se estima que la tasa anual de crecimiento de las ventas aumenta linealmente.
- Para estimar la tasa de desecho de los autos particulares, dada la carencia de información para la ZMG y la ZMM, se utilizan los datos de la ZMVM. Esta tasa se calcula de la información del parque vehicular por edad, disponible para las 16 delegaciones y 18 municipios conurbados de 1994 a 2006, de la SMA-GDF. La tabla 3.6 muestra la tasa de crecimiento anual por edad del parque y la tasa de desecho. Como puede observarse, la tasa de desecho de los vehículos anteriores a 1982 y hasta los de 1996 resulta tener cierta coherencia. Sin embargo la información de 1997 a 2006 presenta tasas de desecho que no tienen relación temporal. Por ejemplo, establece que los vehículos de 2004 en 2006 cayeron en 12.8%. Por esta razón, se decide utilizar las tasas de desecho de los primeros años y se realiza una estimación lineal, la cual queda como se presenta en la tabla 3.7.

- Para las motocicletas, las ventas en cada zona metropolitana para 2007, se estiman basándonos en las ventas nacionales a distribuidores (AMIA, 2009) y la proporción de la zona con respecto al nacional, según el INEGI (promedio de 2003-2007). Se estima el crecimiento de las ventas según el crecimiento en los registros del INEGI para cada zona (periodo 2003-2007). Se considera una tasa de desecho constante de 3% (considerada igual a la tasa de desecho de las motocicletas anteriores a 10 años de la ZMVM) para todos los años. Asimismo, se consideran los mismos efectos de la crisis económica en las tasas de crecimiento de las ventas que las consideradas para los vehículos particulares.
- Para la ZMM y la ZMG no se consideran los vehículos privados de combustibles diferentes a la gasolina debido a la falta de información.
- Se considera que los autos subcompactos y compactos tienen un rendimiento vehicular promedio y constante para todos los años de 10 km/L.
- Se considera que los autos deportivos y las categorías A, B y C de los camiones ligeros de uso múltiple tienen un rendimiento vehicular promedio y constante para todos los años de 7 km/L.
- Se considera que los autos de lujo y los de las categorías D y E de los camiones ligeros tienen un rendimiento vehicular promedio y constante para todos los años de 4 km /L.
- Los kilómetros recorridos son constantes y equivalentes a los del año base.

Transporte público de pasajeros

- Para la ZMM y ZMG el transporte público crece de acuerdo con el histórico de los últimos 9 años, por esta razón, no se requiere la aplicación de un factor de desecho. La estructura por edad se mantiene igual a la de 2007.
- En la ZMM los taxis y microbuses utilizan gasolina y el autobús, diesel.
- En la ZMG, los taxis utilizan gasolina y los midibuses² y autobuses, diesel.
- Los rendimientos vehiculares y la distancia recorrida se consideran constantes a través de los años y equivalentes al año base.

² Se distinguen también los midibuses de los minibuses (o microbuses), en que los primeros tienen un factor de ocupación mayor (30 personas para los midibuses vs 20 de los minibuses).

Tabla 3.6 Edad del parque vehicular por año para 16 delegaciones y 18 municipios conurbados de la ZMVM.

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	TCA*
1982 y ant.	913,056	832,516	751,975	671,430	590,877	510,341	445,301	382,251	297,039	-6.80%
1983	67,388	62,175	56,963	51,750	46,536	41,323	36,927	33,370	26,963	-5.60%
1984	78,611	72,818	67,025	61,233	55,440	49,648	44,851	41,310	33,630	-5.20%
1985	90,285	84,215	78,146	72,076	66,006	59,936	55,062	50,979	41,769	-4.70%
1986	79,906	74,866	69,827	64,787	59,746	54,709	50,949	48,084	40,832	-4.10%
1987	55,489	50,364	45,240	42,873	40,503	38,137	36,842	36,196	31,390	-3.50%
1988	75,812	68,719	61,626	58,915	56,204	53,493	51,922	52,180	45,580	-3.10%
1989	116,483	105,482	94,480	89,391	84,304	79,213	75,205	74,679	65,760	-3.50%
1990	143,297	129,995	116,693	110,949	105,207	99,464	95,142	94,885	84,171	-3.30%
1991		154,459	138,944	123,428	117,487	111,547	107,278	108,345	99,107	-3.10%
1992		170,972	153,375	135,779	128,951	122,129	116,524	118,168	110,575	-3.10%
1993			162,857	143,606	134,406	125,210	116,734	116,269	107,320	-3.40%
1994			172,126	152,697	140,704	128,715	117,960	112,734	105,482	-4.00%
1995				97,962	89,846	81,724	74,088	70,119	72,855	-2.90%
1996				70,588	64,323	58,074	52,106	48,764	59,466	-1.70%
1997					118,677	107,651	98,417	91,552	83,763	-4.30%
1998					248,231	198,118	175,350	164,474	152,278	-5.90%
1999						165,969	156,077	146,691	137,089	-3.10%
2000						278,114	202,161	194,744	184,544	-6.60%
2001							294,980	242,726	234,643	-5.60%
2002							317,488	274,810	248,768	-5.90%
2003								270,270	220,604	-9.70%
2004								310,158	235,852	-12.8%
2005									285,661	
2006									270,426	

Fuente: SMA (2008a); *de la tasa de desecho.

Tabla 3.7. Estimación de la tasa de desecho del parque vehicular de pasajeros de uso privado

Edad del vehículo	Tasa de desecho
24 años o más	-6.3%
23	-5.9%
22	-5.5%
21	-5.1%
20	-4.8%
19	-4.4%
18	-4.0%
17	-3.6%
16	-3.3%
15	-2.9%
14	-2.5%
13	-2.1%
12	-1.8%
11	-1.4%
10 o menos	-1.0%

Fuente: Estimación propia con base en datos de la ZMVM

(Estimación lineal de los datos de la tabla 3.6)

Los escenarios de mitigación considerados se construyen bajo las siguientes consideraciones:

a) Mayor eficiencia vehicular

Este escenario implica aumento gradual del rendimiento vehicular de los autos privados nuevos, taxis y motocicletas, hasta llegar en 2020 a una eficiencia 10% mayor que la actual. México, junto con Islandia, son los únicos países de la OCDE que no cuentan con ningún tipo de norma para mejorar los rendimientos vehiculares o para controlar las emisiones de CO₂ (Feng y Sauer). Este escenario muestra lo que ocurriría en las zonas metropolitanas más importantes del país si se instaurara una norma que tuviese como objetivo alcanzar en 2020, una eficiencia en el rendimiento de combustible, 10% mayor que en 2007.

b) Cambio modal

Este escenario considera la sustitución de viajes que se realizan en transporte privado por viajes en transporte público. Mantiene el parque vehicular de los autos nuevos, pero disminuye en un 80% el recorrido del 10% de la flota vehicular, para el año 2020. Esta hipótesis implica también la incorporación de autobuses nuevos (de acuerdo a las necesidades de los pasajeros-kilómetro que dejarían de circular en autos privados) y la chatarrización de microbuses o autobuses que serían sustituidos por el nuevo modelo. Esto significaría la incorporación o crecimiento de modos de transporte como el Metrobús y Macrobús, y otras medidas que facilitarían la decisión del automovilista para cambiar de modo de transporte, como estacionamientos a lo largo de las rutas.

c) Aumento en la velocidad de recorrido

Este escenario implica el aumento en la velocidad de recorrido de los automóviles particulares y taxis. Este objetivo puede lograrse con nuevas vías de comunicación o con mecanismos de control de la demanda como un día sin auto, o con horarios restrictivos al transporte de carga. Este aumento en la velocidad de circulación en la ciudad trae consigo el beneficio de un aumento en el rendimiento efectivo de combustible (Anexo 2).

d) Programa Hoy No Circula

Este escenario supone la puesta en operación en la ZMG y en la ZMM de un programa similar al Hoy No Circula de la ZMVM, en el que los vehículos con más de 8 años de antigüedad dejan de circular un día a la semana para circular 313 días al año. Bajo este escenario, con objeto de promover la renovación vehicular, se restringe también la circulación de los microbuses y autobuses un día a la semana. Se excluyen del programa las motocicletas.

Como parte importante de las hipótesis de los escenarios de mitigación, y con el fin de realizar una adecuada comparación entre ellos, se considera la misma fecha de entrada en operación (2010) para cada uno de ellos.

CAPÍTULO 4

4. Las Zonas Metropolitanas de Guadalajara y Monterrey.

De acuerdo con SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007), una zona metropolitana está definida como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica; en esta definición se incluye además a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y políticas urbanas. Adicionalmente, se definen como zonas metropolitanas todos aquellos municipios que contienen una ciudad de un millón o más de habitantes, así como aquellos con ciudades de 250 mil o más habitantes que comparten procesos con ciudades de Estados Unidos de América.

En México, al igual que en la mayor parte de las regiones del planeta, la población urbana ha ido creciendo, en detrimento de la población rural. Entre 1990 y 2005, la población urbana¹ pasó de representar el 71% de la población total del país a representar el 76.5%, que en números absolutos significó un incremento de 58 a 79 millones de habitantes (INEGI, 1990 e INEGI, 2005). La mayor parte de este crecimiento se dio en las principales ciudades del país, generándose un proceso de metropolización².

“No obstante que el país cuenta con zonas metropolitanas desde los años cuarenta, las distintas reformas económicas, políticas y en particular constitucionales asociadas a las facultades de los municipios en la regulación del suelo, pasaron por alto la tendencia hacia la metropolización de varios centros urbanos; tendencia que habría de acelerarse y consolidarse en las décadas siguientes.

¹ Medida como aquella que vive en localidades de 2500 y más habitantes.

² “El término zona metropolitana se acuñó y desarrolló en Estados Unidos a partir de los años veinte del siglo pasado y se utiliza la mayoría de las veces para referirse a una ciudad “grande” cuyos límites rebasan los de la unidad político-administrativa que originalmente la contenía; en el caso de México, dicha unidad es el municipio (Negrete y Salazar, 1986). En el país, este proceso se inició en la década de los cuarenta en las ciudades de México, Monterrey, Torreón, Tampico y Orizaba (Sobrino, 1993)”; SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2007.

En efecto, si para Unikel et al. (1978), se reconocía en 1940 la existencia de cinco zonas metropolitanas, su número no ha dejado de aumentar de acuerdo con diversas fuentes y autores, hasta alcanzar 56 zonas metropolitanas en 2005, las cuales concentran 56 por ciento de la población total del país, 79 por ciento de la población urbana y 75 por ciento del producto interno bruto nacional, lo que ha significado la transformación del perfil demográfico y económico de México hacia un carácter predominantemente metropolitano” (SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2007). La Tabla 4.1 muestra esta tendencia.

Tabla 4.1. Indicadores del proceso de metropolización

	1960	1980	1990	2000	2005
Zonas metropolitanas	12	26	37	55	56
Delegaciones y municipios metropolitanos	64	131	155	309	345
Entidades federativas	14	20	26	29	29
Población total (millones)	9	26.1	31.5	51.5	57.9
Porcentaje de población nacional	25.6	39.1	38.8	52.3	56
Porcentaje de población urbana	66.3	71.1	67.5	77.3	78.6

Fuente: Tabla en SEDESOL, CONAPO, INEGI (2007), donde se cita: para 1960: Unikel et al (1978). Para 1980: Negrete y Salazar (1986); para 1990: Sobrino (1993); para 2000: SEDESOL, CONAPO e INEGI (2004); para 2005: SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007).

Las zonas metropolitanas más importantes del país son la de México, Guadalajara y Monterrey, que en conjunto acumularon en 2005 una población de 27.07 millones de habitantes. Pero, aún cuando la población de las tres zonas aumentó 5.84 millones de 1990 a 2005 (TCA de 1.8%), el crecimiento poblacional fue mayor en otras zonas metropolitanas del país, pues en conjunto, la población total en metrópolis creció a una TCA de 5.6%. Así, si en 1990 la población de las zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey representaba el 67% de la población nacional en metrópolis, para 2005, su participación en la población total en metrópolis disminuyó a 47%. Respecto de la población total del país, la población de las tres zonas se mantuvo cercana al 26% (tabla 4.2).

De acuerdo con SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007), la Zona Metropolitana de Guadalajara incluye 8 municipios de Jalisco (tabla 4.3) y la Zona Metropolitana de Monterrey, 12 municipios de Nuevo León (tabla 4.4).

Tabla 4.2 Zonas Metropolitanas de México, Monterrey y Guadalajara

	1990	1995	2000	2005	Tasa promedio de crecimiento anual (%)
ZMVM	15.56	17.30	18.40	19.24	1.6
ZMG	3.00	3.48	3.70	4.10	2.4
ZMM	2.67	3.10	3.37	3.74	2.7
Total 3 zonas	21.23	23.88	25.47	27.07	1.8
Total en metrópolis	31.50	41.50	51.50	57.90	5.6
% 3 zonas/metrópolis	67%	58%	49%	47%	
Total nacional	81.25	89.37	97.48	103.26	1.8
% 3 zonas/nacional	26%	27%	26%	26%	

Fuente: Información de SEDESOL, CONAPO, INEGI (2007)

Sin embargo, localmente, las zonas conurbadas o zonas metropolitanas suelen estar definidas de forma distinta. En el caso de Guadalajara la definición es la misma, pero para Monterrey, de acuerdo con los decretos del ejecutivo estatal del 23 de enero de 1984 y del 10 de noviembre de 1988, la zona conurbada de Monterrey está determinada por los municipios de Monterrey, San Nicolás de la Garza, Apodaca, Guadalupe, Garza García, Santa Catarina, General Escobedo, Juárez y una porción del municipio de García (Gobierno de Nuevo León, 2008), es decir, a diferencia de la definición de INEGI, excluye a los municipios de Cadereyta de Jiménez, Salinas Victoria y Santiago.

En este trabajo se considera que la ZMG incluye los 8 municipios establecidos por el INEGI y que la ZMM incluye los 12 municipios señalados por este Instituto.

Tabla 4.3 Zona Metropolitana de Guadalajara

Municipio	Población
Guadalajara	1,600,940
Ixtlahuacán de los membrillos	23,420
Juanacatlán	11,902
El Salto	111,436
Tlajomulco de Zúñiga	220,630
Tlaquepaque	563,006
Tonalá	408,729
Zapopan	1,155,790
Total	4,095,853

Fuente: INEGI (2005a)

Tabla 4.4 Zona Metropolitana de Monterrey

Municipio	Población
Apodaca	418,784
Cadereyta de Jiménez	73,746
García	51,658
San Pedro Garza García	122,009
Gral. Escobedo	299,364
Guadalupe	691,931
Juárez	144,380
Monterrey	1,133,814
Salinas Victoria	27,848
San Nicolás de los Garza	476,761
Santa Catarina	259,896
Santiago	37,886
Total	3,738,077

Fuente: INEGI (2005a)

CAPÍTULO 5

5. La Zona Metropolitana de Guadalajara

5.1 Extensión Territorial de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

La Zona Metropolitana de Guadalajara (**ZMG**) está formada por ocho municipios: Guadalajara, Zapopan, Tonalá, Tlaquepaque, Ixtlahuacán de Membrillos, Juanacatlán, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. El área total de la ZMG es de 2,733.30 km², de los cuales el 20.1% son urbanos (INEGI, 2005a). El área urbana de la ZMG se concentra principalmente en los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. La tabla 5.1 muestra las áreas total y urbana (de AGEBs), así como el porcentaje urbanizado, de los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se observa que Guadalajara y Tlaquepaque son los únicos municipios que tienen un porcentaje de urbanización mayor al 50%, mientras que los municipios con menos del 10% de urbanización son Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán y Tlajomulco de Zúñiga. Las áreas urbanas de los municipios Ixtlahuacán de Membrillos y Juanacatlán no tienen conurbación física, sino que son denominados municipios metropolitanos por el criterio “planificación y política urbana” (SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2007).

Tabla 5.1. Áreas total y urbana de los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Municipios		Área Mun 2005	Área AGEB 2005	% Urbanizado
14039	Guadalajara	151.38	142.85	94.36%
14044	Ixtlahuacán de los Membrillos	202.36	6.50	3.21%
14051	Juanacatlán	138.31	2.54	1.84%
14070	El Salto	87.85	31.07	35.36%
14097	Tlajomulco de Zúñiga	713.72	55.52	7.78%
14098	Tlaquepaque	110.41	76.30	69.10%
14101	Tonalá	166.08	54.60	32.87%
14120	Zapopan	1,163.19	180.95	15.56%
Zona Metropolitana Guadalajara		2,733.30	550.33	20.13%

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2005a, b, c)

5.2 Características Demográficas de la ZMG

En la tabla 5.2 se muestra la población por municipio y la densidad (habitantes por km² urbanizado) de la misma. Se puede observar que la población se encuentra concentrada principalmente en los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá.

Tabla 5.2. Población urbana y densidad poblacional en los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Municipios		Población AGEB 2005	Densidad Población
14039	Guadalajara	1,600,940	11,207
14044	Ixtlahuacán de los Membrillos	23,420	3,602
14051	Juanacatlán	11,902	4,678
14070	El Salto	111,436	3,587
14097	Tlajomulco de Zúñiga	220,630	3,974
14098	Tlaquepaque	563,006	7,379
14101	Tonalá	408,729	7,486
14120	Zapopan	1,155,790	6,387
Zona Metropolitana Guadalajara		4,095,853	7,443

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2005a, b, c)

5.3 La red vial de la ZMG

En la red vial de la ZMG se mezclan tramos de carreteras y de autopistas, vías internas rápidas de cuota, vías de acceso controlado, vialidad primaria, vialidades colectoras y calles locales. Es importante notar que el Anillo Periférico ya se encuentra inmerso en el área urbana, por lo que éste capta tanto viajes locales como aquellos en-tránsito, lo cual la coloca como una vialidad de alta congestión, sobre todo en horas pico, especialmente por el crecimiento de la mancha urbana en Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan.

La mancha urbana, podría tender a conectar Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán, principalmente a través de la Av. Solidaridad Latinoamericana. Esto puede generar áreas con futuras limitaciones de accesibilidad vial y de servicios de transporte. La mancha urbana también tenderá a crecer sobre las carreteras a Tesistán, a Nogales, y a Colima, con consecuencias similares.

5.4 Características generales del transporte de pasajeros en la ZMG

El servicio de transporte público es prestado por empresas paraestatales y del sector privado. La mayor parte de los viajes de la ZMG se efectúa en autobuses y minibuses, pertenecientes a diferentes empresas. En la tabla 5.3 se presenta un resumen de los diferentes medios de transporte, clasificados por empresa y tipo de vehículo de acuerdo con información del Centro Estatal de Investigación del Transporte (CEIT), creado en 1996 como un organismo desconcentrado de la Secretaría de Vialidad y Transporte. Por su parte la tabla 5.4 muestra la estimación del número de viajes por modo de transporte para 1998. Como se observa, el auto particular representa el 30% de los viajes, seguido por el sistema SISTECOZOME que constituye el 32%. De acuerdo con la misma fuente, para 1998 circulaban en la ZMG, 513,337 autos privados (tabla 5.5).

El SISTECOZOME, Sistema de Transporte Colectivo de la Zona Metropolitana de Guadalajara, es la empresa pública de transporte creada a raíz de la propuesta hecha en el Plan General Urbano para el Área Metropolitana de Guadalajara de 1974. Este sistema, que comenzó utilizando trolebuses en dos rutas, fue alternativa de transporte ante el monopolio de la iniciativa privada. Actualmente cuenta con tres rutas que comunican la zona oeste de la ciudad con el este y la norte.

Tabla 5.3 Empresas de transporte público en la ZMG (1997)

<i>Empresa</i>	<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Número de Rutas</i>	<i>Número de vehículos</i>	<i>Kilómetros de rutas</i>
Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR)	Tren ligero	2	48	24
Sistema Auxiliar de transferencias (SAE)	Autobús	7	27	
Sistema de Transporte Colectivo de la ZMG (Sistecozome)	Trolebús/Autobús /Minibús	5/4/79	60/200/1865	22.3
Servicios y Transportes (SyT)	Autobús	25	500	
Alianza de Camioneros de Jalisco	Autobús/Minibús	70	1200/250	
Empresas de características especiales	Autobús	7	200	
SITRA	Minibús	1		
Total		199	4350	

Fuente: CEIT

Tabla 5.4 Viajes por modo en la ZMG (1998)

Modo	Viajes diarios (millones)	% del todo	% del transporte público
Autos y otros modos	1.70	30.44	---
Taxis	0.10	1.79	2.57
Tren ligero	0.14	2.51	3.60
Autobuses urbano y suburbano			
- Sistecozome	1.80	32.23	46.33
- Alianza de camioneros de Jalisco	1.15	20.59	29.60
- Servicios y Transportes, S.A.	0.67	12.00	17.25
- Empresas de características especiales	0.025	0.45	0.64
Total	5.585	100	100

Fuente: CEIT. Cita a: Plan Maestro de Vialidad de Guadalajara. Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Vialidad y Transporte y Secretaría de desarrollo Urbano, febrero 1998.
(Fuente: Secretaría de vialidad y transporte y encuesta origen-destino y estimados del consultor)

Dentro de la oferta de transporte público de la ZMG con base en autobuses, se encuentra también el Sistema Macrobus, cuya primera línea de 16 km fue inaugurada en 2009, como parte de una red de Autobuses de Transporte Rápido en la ZMG.

Por otro lado, en la ZMG opera el Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR) de Guadalajara. Este es un sistema constituido por dos líneas de tren ligero: la Línea 1, de 15.5 km de longitud, enlazando a Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque, y la Línea 2, de 8.5 km que corren dentro del municipio de Guadalajara; para formar una red de 24 km con 29 estaciones en total. (SITEUR, 2009). Fue en 1989 cuando se inauguró la primera línea de Tren Eléctrico Urbano, sustituyendo a los trolebuses en una de sus rutas. Hasta 1994 se inauguró la línea 2 del Tren Ligero. (Gobierno de Jalisco, 2008a). En el 2006, el SITEUR tuvo una afluencia total anual de 61'861,080 pasajeros (Solís, 2007).

Además, como una extensión de la Línea 2 del SITEUR, se tiene el Pretren, que parte desde la Estación Juárez hasta el Periférico Poniente, con autobuses (eléctricos) de características similares al tren ligero. Este subsistema, tiene longitud de recorrido de 25.6 km (SITEUR, 2009).

Tabla 5.5 Indicadores de actividad, ZMG (1998)

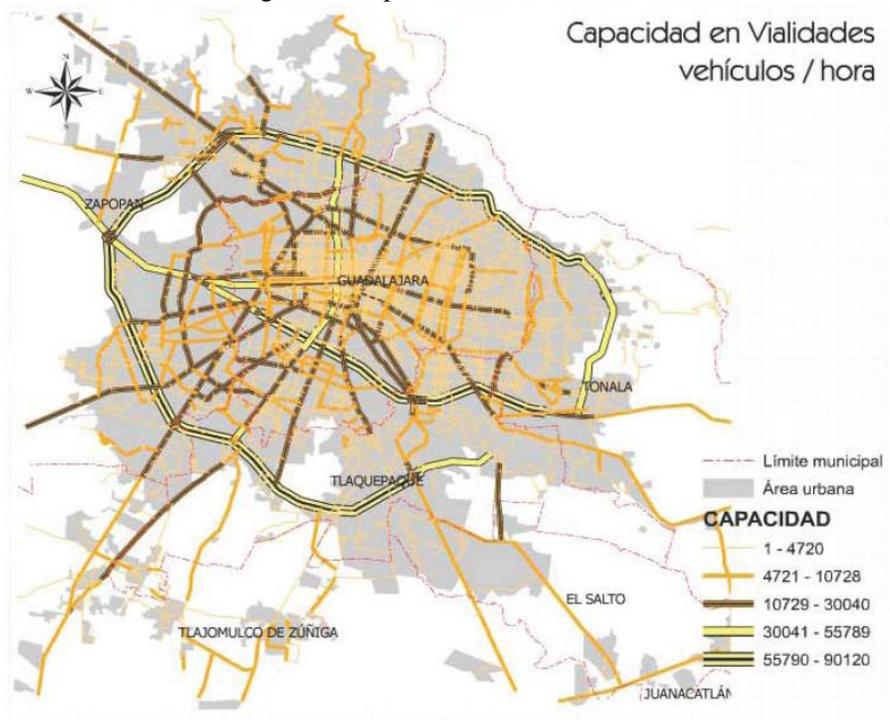
<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Vehículos</i>		<i>km. recorridos al día</i>	<i>Veh-km al año (millones)</i>	<i>%</i>
Auto particular	513,337	67.3%	47	8,800.73	65.8%
Pick-up gasolina	169,972	22.3%	36	2,219.64	16.6%
Taxis	10,300	1.4%	110	412.00	3.1%
Pick-up	1,524	0.2%	27	15.24	0.1%
Autobuses urbanos y suburbanos	6,860	0.9%	375	939.82	7.0%
Camiones de carga	32,775	4.3%	68	819.38	6.1%
Otros	27,440	3.6%	16	164.64	1.2%
Total	762,208			13,371.45	

Fuente: CEIT. Cita a: Plan Maestro de Vialidad de Guadalajara, Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Vialidad y Transporte y Secretaría de desarrollo Urbano, febrero 1998. Fuente: COESE y SEMARNAP

En la zona metropolitana de Guadalajara se ha incrementado rápidamente el parque vehicular que circula en sus calles y avenidas. El número de viajes por día, en 2006, fue de 8 millones 451 mil 885; lo que ha significado que el indicador de movilidad de viajes por día y por persona se ha incrementado consistentemente desde 1970 hasta alcanzar la cifra de 2.25 viajes por persona en 2006 (Gobierno de Jalisco, 2009).

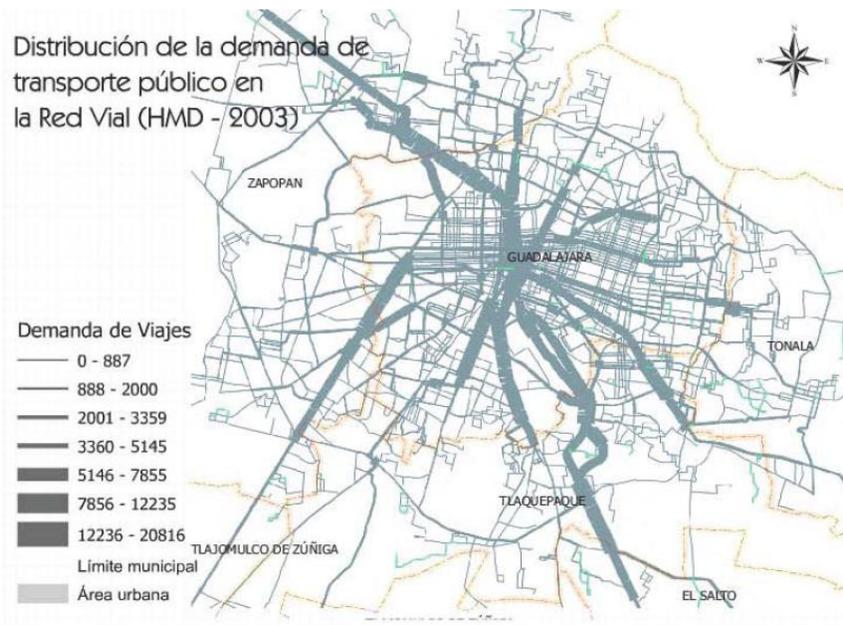
De acuerdo con el Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT), para septiembre del 2006, existían 16 empresas de transporte para el servicio urbano y sub-urbano, con 207 rutas y más de 100 vías, 5 mil unidades de transporte público y un índice de cobertura de servicio del 80.2 por ciento. Las figuras 5.1 a la 5.3 ilustran parte de la situación actual de la movilidad en la zona.

Figura 5.1 Capacidad de vialidades, ZMG



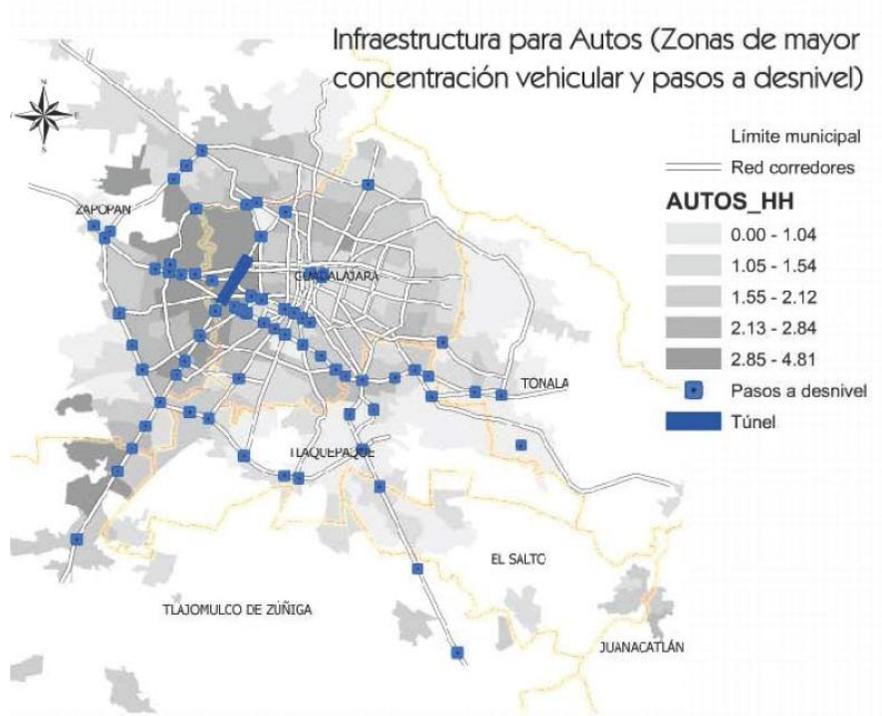
Fuente: Gobierno de Jalisco (2008a)

Figura 5.2 Distribución geográfica de la demanda, ZMG



Fuente: Gobierno de Jalisco (2008a)

Figura 5.3 Zonas de mayor congestión vehicular, ZMG



Fuente: Gobierno de Jalisco (2008a)

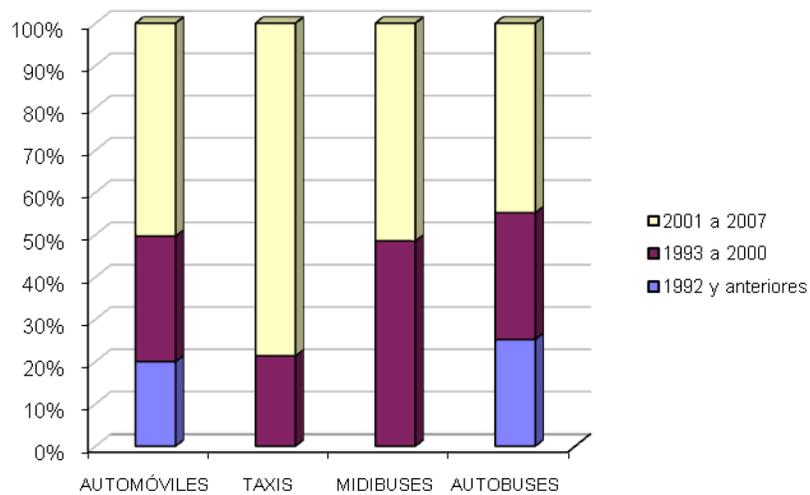
Con las consideraciones de la tabla 3.5 (en la que se detallaron las fuentes de información y suposiciones que se toman para construir la estructura del parque vehicular) se obtiene que el parque vehicular motorizado en la ZMG, llega en el 2007, a los totales mostrados en la tabla 5.6. En dicho año, el 67% corresponde a automóviles particulares. La tabla 5.7 muestra la estimación de la estructura del parque de automóviles privados y la tabla 5.8 la del transporte público. Como se aprecia en la figura 5.4, para el año 2007, cerca de la mitad del parque de vehículos privados, midibuses y autobuses tenían siete años o menos, mientras que los taxis contaban con una flota más moderna, ya que casi el 80% tenían siete años o menos. De acuerdo con estas estimaciones, el 80% de los automóviles privados cuentan con convertidor catalítico de tres vías.

Tabla 5.6. Flota vehicular en la ZMG (2007).

Tipo de transporte	Total
Automóviles particulares	1,038,221
Taxis	11,702
Midibuses	2,503
Autobuses pasajeros	2,518
Camiones de carga y otros	405,510
Motocicletas	87,216
Total	1,547,670

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y CEIT.

Figura 5.4 Estimación de la edad del parque vehicular ZMG (2007)



Fuente: Estimación propia a partir de CEIT, INEGI y Melgar.

Tabla 5.7. Estimación de la flota de vehículos privados en la ZMG (2007)

Año modelo	Total	Subcompacto	Compacto	Deportivo	Lujo	Usos múltiples a, b, c	Usos múltiples d, e
1972 y anteriores	129	52	36	10	26	5	0
1973	227	89	69	14	44	11	0
1974	410	157	141	25	66	21	0
1975	588	235	197	30	87	39	0
1976	744	289	269	31	101	54	0
1977	868	316	333	39	133	46	0
1978	1,435	635	490	60	199	51	0
1979	2,355	1,043	722	151	350	89	0
1980	4,119	1,594	1,030	283	466	153	594
1981	6,458	2,304	1,615	546	819	235	939
1982	7,002	3,088	1,413	588	685	323	905
1983	5,626	2,445	1,184	660	642	174	520
1984	7,467	3,087	2,308	498	576	240	759
1985	10,574	3,687	3,637	636	960	420	1,233
1986	10,395	3,035	3,796	480	708	313	2,064
1987	12,980	2,878	4,963	1,642	706	450	2,340
1988	14,518	3,435	6,388	1,101	1,312	639	1,643
1989	19,327	4,670	8,957	1,193	1,545	924	2,038
1990	26,212	7,720	11,352	1,596	2,112	1,512	1,918
1991	34,142	9,550	14,618	1,934	2,889	2,189	2,963
1992	41,752	11,419	17,332	2,139	3,937	3,138	3,787
1993	44,285	11,745	18,438	2,642	3,949	3,540	3,970
1994	44,344	11,959	18,032	3,160	4,271	2,471	4,450
1995	30,419	4,823	13,640	2,686	3,415	1,048	4,806
1996	27,203	5,156	11,597	1,700	2,631	1,242	4,878
1997	32,518	7,932	14,076	1,379	2,189	1,508	5,434
1998	38,707	12,456	14,523	1,039	2,925	2,568	5,197
1999	39,199	13,225	14,473	726	3,107	2,705	4,964
2000	51,754	17,821	18,423	867	4,244	3,762	6,636
2001	59,781	23,433	19,472	783	4,469	4,411	7,213
2002	67,059	30,051	18,256	1,344	5,168	6,166	6,075
2003	67,821	31,467	16,201	1,232	4,444	8,789	5,688
2004	77,992	34,773	17,020	1,173	4,658	12,138	8,229
2005	82,103	33,249	17,765	1,178	4,725	14,545	10,641
2006	84,333	29,909	19,961	1,161	5,559	15,789	11,954
2007	83,375	25,694	22,687	982	5,445	16,063	12,504
Total	1,038,221	355,422	335,415	35,708	79,565	107,770	124,341

Fuente: Estimación propia a partir de INEGI y Melgar

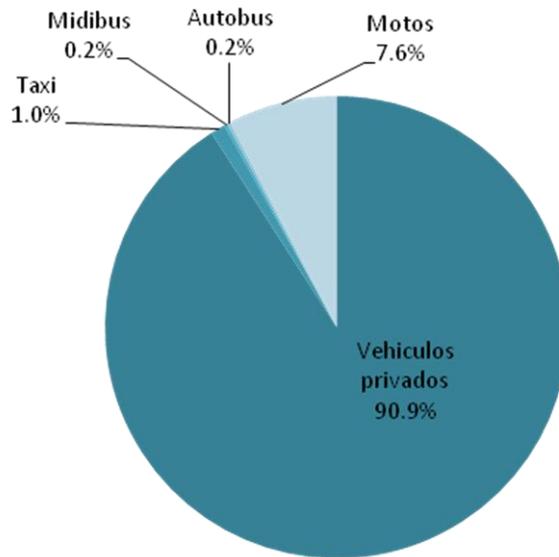
Tabla 5.8 Estimación del parque vehicular de transporte público en la ZMG (2007)

Año-modelo	Transporte público	Taxis	Midibuses	Autobuses
<i>1972 y anteriores</i>	0	0	0	0
<i>1973</i>	0	0	0	0
<i>1974</i>	0	0	0	0
<i>1975</i>	0	0	0	0
<i>1976</i>	0	0	0	0
<i>1977</i>	0	0	0	0
<i>1978</i>	0	0	0	0
<i>1979</i>	0	0	0	0
<i>1980</i>	0	0	0	0
<i>1981</i>	0	0	0	0
<i>1982</i>	0	0	0	0
<i>1983</i>	15	0	0	15
<i>1984</i>	45	0	0	45
<i>1985</i>	71	0	0	71
<i>1986</i>	58	0	0	58
<i>1987</i>	16	0	0	16
<i>1988</i>	41	0	0	41
<i>1989</i>	40	0	0	40
<i>1990</i>	83	0	0	83
<i>1991</i>	134	0	0	134
<i>1992</i>	134	0	0	134
<i>1993</i>	245	0	0	245
<i>1994</i>	140	0	0	140
<i>1995</i>	27	0	0	27
<i>1996</i>	533	228	273	33
<i>1997</i>	655	350	263	42
<i>1998</i>	860	550	240	71
<i>1999</i>	862	584	213	65
<i>2000</i>	1,144	786	226	132
<i>2001</i>	1,421	1,034	172	215
<i>2002</i>	1,643	1,326	192	125
<i>2003</i>	1,690	1,389	158	143
<i>2004</i>	1,879	1,535	198	147
<i>2005</i>	1,856	1,467	203	185
<i>2006</i>	1,683	1,320	183	180
<i>2007</i>	1,449	1,134	183	132
TOTAL	16,723	11,702	2,503	2,518

Fuente: Estimación propia a partir de CEIT, Gobierno de Jalisco y Melgar

Asimismo, puede observarse en la figura 5.5 que, considerando únicamente el transporte de pasajeros motorizado, los automóviles particulares representan casi el 91% de la flota vehicular. Este universo de automóviles particulares, está compuesto en un 66% por autos subcompactos y compactos (figura 5.6).

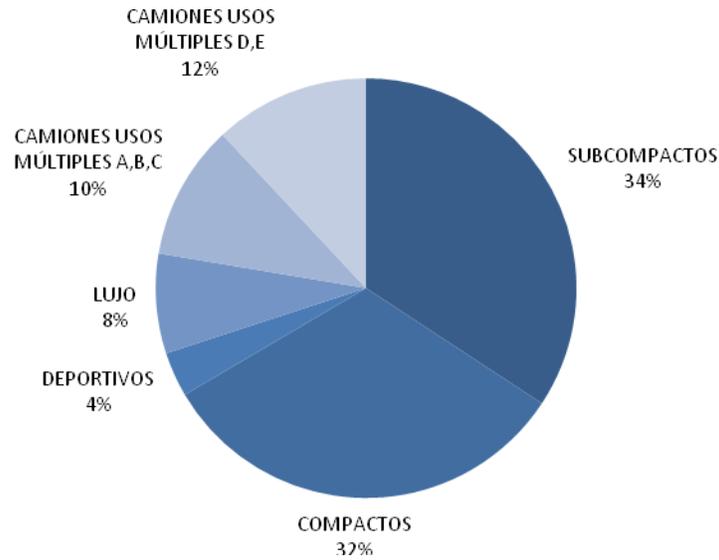
Figura 5.5. Estructura del parque vehicular en la ZMG por modo de transporte (2007).



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.7 y 5.8.

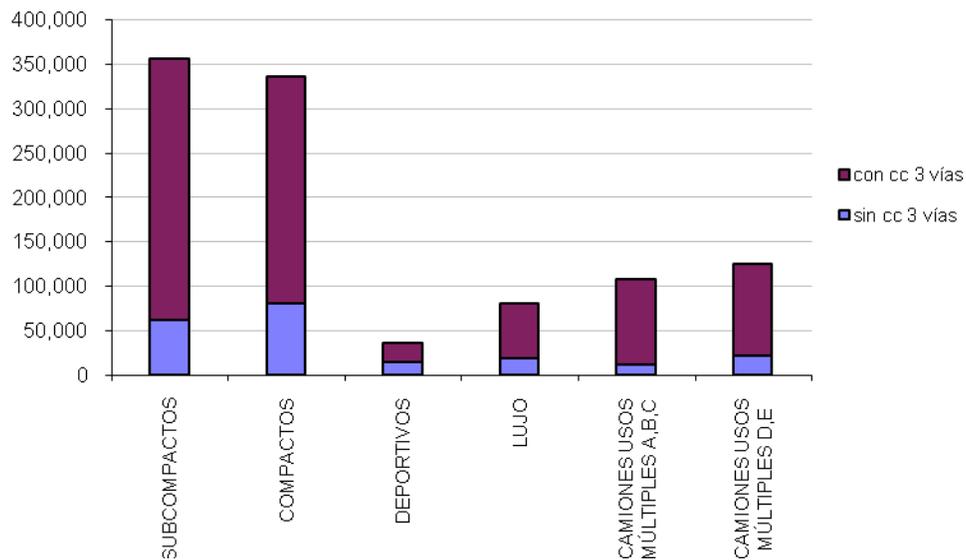
Analizando aún con mayor detalle la flota de automóviles particulares se encuentra que en el año 2007, el 12.7% eran modelos anteriores a 1990, es decir que no contaban con control de emisiones; el 7.3% tenía convertidor catalítico de oxidación (modelos 1991 y 1992) y el 80% contaba con convertidor catalítico de tres vías. De manera gráfica, puede observarse en la figura 5.7 la cantidad de los automóviles particulares de acuerdo con su segmento y tecnología de reducción de contaminantes: Obsérvese la fuerte presencia, en términos absolutos, de los vehículos subcompactos y compactos, por lo que puede decirse que actualmente, el principal aporte de vehículos sin convertidor catalítico de tres vías lo dan estos segmentos.

Figura 5.6. Estructura de la flota de autos privados en la ZMG por segmento (2007).



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.7.

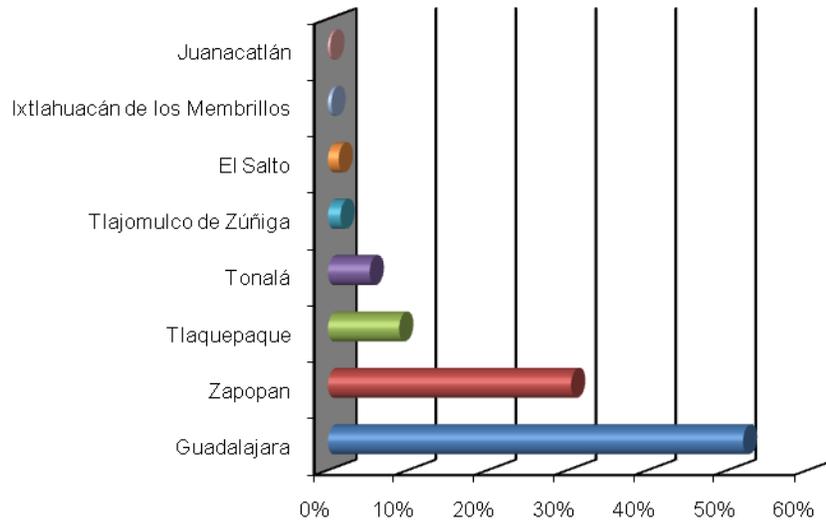
Figura 5.7. Automóviles particulares con y sin convertidor catalítico en la ZMG para el año 2007



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.7.

Finalmente, en relación con la distribución espacial de los vehículos en la ZMG, cabe hacer mención que cada uno de los municipios que conforman la ZMG contribuye en diferente proporción a la conformación del parque vehicular total. La figura 5.8 muestra la participación de cada municipio en el parque vehicular de la ZMG en el 2007.

Figura 5.8. Participación de cada municipio en la flota total vehicular de transporte de pasajeros.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

(Promedio de los registros del 2002 al 2007)

5.5 Estimación del consumo de combustibles del transporte de pasajeros en la ZMG para el año 2007.

De acuerdo con la metodología presentada en el capítulo 3; para estimar el consumo de combustibles, es necesario conocer el recorrido anual por tipo de vehículo, así como su rendimiento vehicular. La tabla 5.9 muestra las distancias diarias recorridas por tipo de vehículo, las cuales se consideran constantes para todas las edades (dado que no se cuenta con mayor información).

Aun cuando hay algunos vehículos que utilizan GLP y GNC, dado que es una proporción muy pequeña y no se obtuvo información respecto a la misma, se asume que el 100% de la flota de autos privados y taxis usa gasolina y que los midibuses y autobuses utilizan diesel.

Por otro lado, la tabla 5.10 muestra la estimación del rendimiento vehicular por tipo de vehículo. Se asume que es el mismo que para la ZMVM (SMA, 2008).

Tabla 5.9. Distancia promedio recorrida por tipo de transporte en la ZMG (2007).

Tipo de Transporte	Recorrido Promedio (km/día)	Días / año
Automóvil particular	47	365
Taxis	110	365
Transporte Público Autobuses	375	365
Transporte Público Microbuses	375	365
Motocicletas	79	365

Fuente: CEIT y SMA (2008) para las motocicletas.

Tabla 5.10 Rendimiento vehicular promedio para vehículos de gasolina y diesel (2007)

Tipo de vehículo	Rendimiento [km/L]
Vehículos a gasolina	
Subcompactos y compactos	10
Lujo y Usos Múltiples A, B, C	7
Deportivos y Usos Múltiples D, E	4
Taxis	10
Microbuses	2
Motocicletas	9.8
Vehículos a diesel	
Autobuses	1.8

Fuente: SMA (2008)

Bajo estas suposiciones, el consumo de combustibles en la ZMG para transporte de pasajeros (incluyendo motocicletas) alcanzó en 2007 el valor de **95.40 PJ**; lo cual significó el 5.3% del consumo de combustibles del autotransporte en el país (tabla 5.11). La tabla 5.12 muestra el consumo por combustibles por modo. El auto particular domina la escena con el 71.7% del consumo de combustibles. La figura 5.9 muestra el consumo de combustibles por modo y edad.

Tabla 5.11. Consumo de combustibles (PJ) para el transporte de pasajeros en la ZMG (2007)

	<i>ZMG</i>	<i>Nacional</i>	<i>%</i>
<i>Gasolina</i>	82.70	1,277.283	6.47%
<i>Diesel</i>	12.70	469.146	2.71%
<i>GLP</i>		38.58	0.00%
<i>GNC</i>		0.711	0.00%
Total	95.40	1,785.72	5.34%

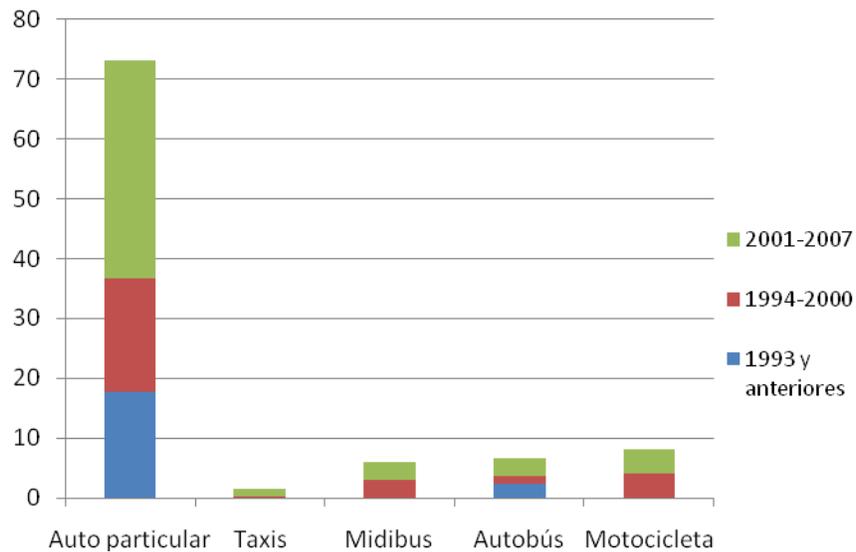
Fuente: ZMG: Cálculos propios; Nacional (SENER, 2008)

Tabla 5.12 Estimación del consumo de combustibles por modo ZMG (2007)

	<i>PJ</i>	<i>%</i>
Gasolina	82.7	89.4%
Subcompactos y compactos	37.2	30.6%
Lujo y camionetas A,B,C	14.4	21.7%
Deportivos y camionetas D,E	21.5	18.3%
Taxis	1.5	1.1%
Motocicletas	8.1	17.7%
Diesel	12.7	10.6%
Midibuses	6.0	5.0%
Autobuses	6.7	5.6%
Total	95.4	100.0%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 5.7, 5.9 y 5.10.

Figura 5.9. Consumo de energía (PJ) por modo y por edad en la ZMG (2007)



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10.

5.6 Inventario de emisiones de GEI para el transporte de pasajeros en la ZMG para el año 2007

Las emisiones de GEI de la ZMG fueron de casi 7.5 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). Las tablas 5.13 y 5.14 muestran las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O y CO₂eq, por modo de transporte y por tipo de combustible, respectivamente.

En la figura 5.10 se aprecia la estructura de las emisiones por modo. El auto particular representó el 78% de las emisiones, el taxi el 2%, los midibuses el 6%, autobuses el 7%, y las motocicletas el 7%. Por su parte, el transporte de gasolina (figura 5.11) representó el 87% de las emisiones equivalentes de CO₂. Cabe hacer notar que mientras el auto particular representa en 78% de las emisiones, el porcentaje de viajes que se realizan en este tipo de medio de transporte no llega al 30%.

Tabla 5.13. Emisiones de CH₄, N₂O y CO₂eq para el transporte de pasajeros en la ZMG
(2007, por modo de transporte)

Tipo de vehículo	Gigagramos (Miles de ton)			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Subcompactos	1,313	0.90	0.27	1,597
Compactos	1,239	0.80	0.28	1,493
Lujo	420	0.19	0.07	481
Deportivos	330	0.07	0.04	353
Usos Múltiples a, b, c,	569	0.29	0.07	661
Usos Múltiples d, e	1,149	0.31	0.10	1,248
<i>Subtotal particulares</i>	<i>5,020</i>	<i>2.57</i>	<i>0.82</i>	<i>5,833</i>
Taxis	101	0.08	0.01	126
Midibuses	440	0.01	0.01	443
Autobuses	492	0.01	0.02	495
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,033</i>	<i>0.10</i>	<i>0.05</i>	<i>1,064</i>
Motocicletas	553	0.01	0.33	561
Total	6,605	2.67	1.20	7,458

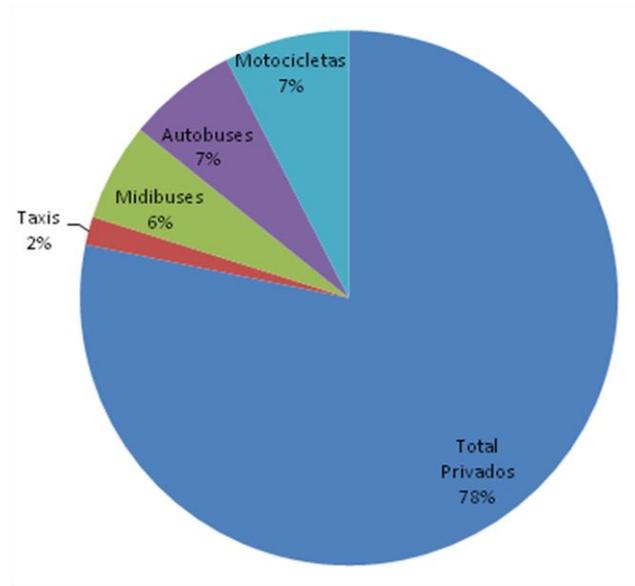
Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Tabla 5.14. Emisiones de CH₄, N₂O y CO₂eq para el transporte de pasajeros en la ZMG
(2007, por tipo de combustible)

Combustible	Gigagramos (Miles de ton)			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Gasolina	5,674	2.65	1.16	6,520
Diesel	931	0.02	0.03	938

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

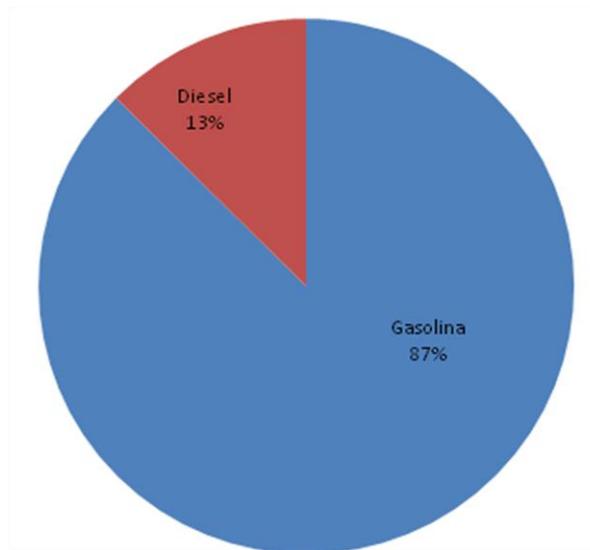
Figura 5.10 Estructura de las emisiones de GEI (CO₂eq) para el transporte de pasajeros en la ZMG (2007, por modo)



Total: 7,458 miles de ton de CO₂ eq.

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.13.

Figura 5.11 Estructura de las emisiones de GEI (CO₂eq) para el transporte de pasajeros en la ZMG (2007, por combustible)



Total: 7,458 miles de ton de CO₂ eq.

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.14.

La tabla 5.15 muestra las emisiones desagregadas del transporte público. El taxi, en números redondos, representa el 12% de las emisiones equivalentes de CO₂ del transporte público, el midibus el 42% y el autobús el 46%.

Tabla 5.15 Emisiones de GEI del transporte público de pasajeros en la ZMG
(2007, miles de toneladas de CO₂ equivalente)

Taxis	126.25	11.9%
Midibuses	442.87	41.6%
Autobuses	494.81	46.5%
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,064.93</i>	

Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 5.13.

La tabla 5.16 muestra una estimación de las emisiones de CO₂eq por pasajero-kilómetro. Obsérvese que el modo de transporte más eficiente en este sentido es el autobús, seguido del Midibús.

Tabla 5.16 Estimación de emisiones de GEI por pasajero-kilómetro en la ZMG (2007).

	Factor de ocupación	Veh-km (millones)	Pas-km (millones)	PJ	Energía/pas-km (kJ)	CO ₂ equivalente (Gg)	CO ₂ /pas-km (g)
Auto privado	1.8	18,281	32,905	73.17	2,223.6	5,832.53	177.3
Taxi	2	470	940	1.47	1,569.7	126.25	134.4
Midibús	20	343	6,853	6.00	875.4	442.87	64.6
Autobús	45	345	15,507	6.70	432.3	494.81	31.9
Motocicleta	1	2,515	2,515	8.06	3,203.4	561.14	223.1

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10.

5.7. Ventas de vehículos en la ZMG

Para construir los escenarios de emisión al año 2020, uno de los elementos sustantivos es el crecimiento de la flota vehicular y, para ello, las ventas de vehículos son un factor definitivo. La tabla 5.17 y la figura 5.12 muestran las ventas por tipo de vehículo desde 1994 y hasta 2007. Se estima que la ZMG representó el 78.29% de las ventas del estado de Jalisco, que es la proporción

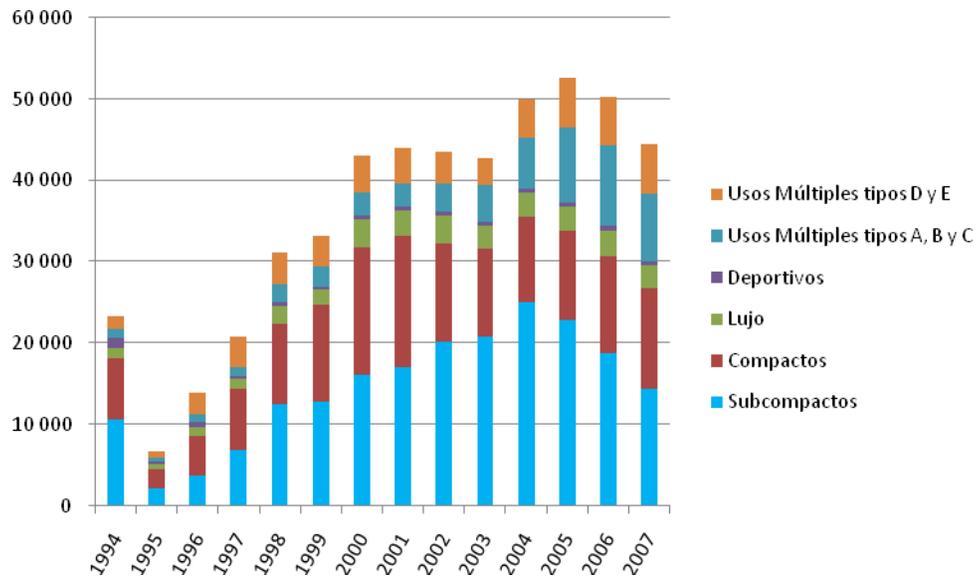
que muestra la ZMG con respecto al total de la entidad, de acuerdo con INEGI para los autos particulares. Para la construcción de los escenarios, se toma la tasa de crecimiento promedio de 1998 a 2006. Asimismo, y como se menciona en la sección de metodología, para el auto privado se asume la misma tasa de desecho que en la ZMVM, y para el transporte público se consideran la misma estructura por edad que para 2007 y los crecimientos históricos.

Tabla 5.17 Ventas de vehículos en la ZMG

	Subcompactos	Compactos	Lujo	Deportivos	Usos Múltiples tipos A, B y C	Usos Múltiples tipos D y E	TOTAL
1994	10 618	7 559	1 238	1 341	1 051	1 461	23 268
1995	2 227	2 387	623	296	356	769	6 658
1996	3 694	4 919	1 101	616	917	2 659	13 906
1997	6 816	7 538	1 305	288	1 087	3 821	20 855
1998	12 535	9 867	2 143	474	2 163	3 968	31 152
1999	12 824	11 869	1 994	322	2 446	3 697	33 152
2000	16 152	15 576	3 506	427	2 827	4 665	43 154
2001	17 012	16 216	3 193	374	2 851	4 304	43 951
2002	20 261	12 025	3 384	525	3 506	3 796	43 496
2003	20 893	10 757	2 793	442	4 519	3 434	42 839
2004	25 083	10 500	2 980	379	6 275	4 759	49 976
2005	22 852	10 944	2 983	581	9 207	6 135	52 703
2006	18 751	11 994	3 066	621	9 888	6 005	50 326
2007	14 385	12 335	2 895	424	8 384	5 993	44 416
TCA 1994-2007	2.36%	3.84%	6.75%	-8.47%	17.32%	11.47%	5.10%
TCA 1998-2006	5.16%	2.47%	4.58%	3.42%	20.92%	5.32%	6.18%

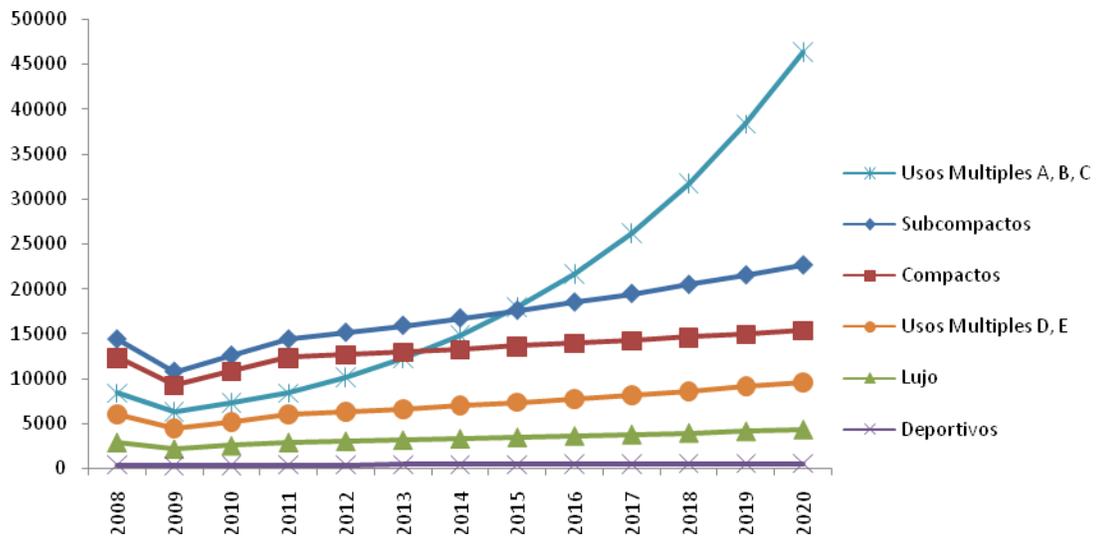
Fuente: INEGI (2000, 2003, 2008). Se considera el 78.29% de las ventas al mayoreo en Jalisco

Figura 5.12 Ventas de vehículos por tipo en la ZMG



Fuente: INEGI (2000, 2003, 2008). Se considera el 78.35% de las ventas al mayoreo en Jalisco

Figura 5.13. Estimación de ventas para vehículos particulares en la ZMG de 2008 a 2020.



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.17.

En la figura 5.13 se muestra la proyección de ventas para los años 2007 al 2020, utilizando las tasas de crecimiento anual del periodo 1998-2006. Obsérvese el gran aumento en la venta de vehículos de Usos Múltiples tipos A, B y C.

Se muestran también en esta sección (tabla 5.18) las tasas de crecimiento estimadas para el servicio de transporte público de pasajeros y para las motocicletas. Recuérdese que las tasas para el transporte público fueron estimadas respecto de los crecimientos históricos y no de las ventas realizadas.

Tabla 5.18. Tasas anuales de crecimiento para el transporte público y motocicletas en la ZMG (2007)

Tipo de vehículo	Tasa Anual de Crecimiento
Taxis	0.74%
Midibuses	1.66%
Autobuses	1.66%
Motocicletas	11.91%

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, CEIT y Gobierno de Jalisco (2008).

5.8 Planes de desarrollo de movilidad, infraestructura y vialidad en la ZMG

Los principales lineamientos de movilidad urbana, accesos, agilización e infraestructura vial del gobierno del estado de Jalisco para la ZMG son:

- Corredores, macrolibramientos y autopistas estatales
- Sistemas de transporte rápido, efectivo, seguro e innovador (10 líneas del Macrobús)
- Fomento a la cultura vial y becas de transporte
- Promoción de transportes alternativos más saludables
- Mejoramiento de los servicios de vialidad, tránsito y transporte
- Vigilancia vial operativa

- Mejoramiento de sistemas “semaforizados” y señalamientos viales
- Rediseño institucional de las dependencias del transporte público
- Adecuación del marco normativo en materia de movilidad urbana

En materia de vialidad, la culminación del periférico y algunos pasos a desnivel. Libramiento de Juanacatlán y El Salto a carretera de Los Altos

5.9 Escenarios de emisión al 2020 para la ZMG

5.9.1 Escenario base para la ZMG

De acuerdo con el escenario base (hipótesis en la sección de metodología), la flota o parque vehicular para el año 2020 se muestra en la tabla 5.19 y su evolución en la figura 5.14. De mantenerse las tendencias actuales, el número total de vehículos circulando en la ZMG sería de 1.75 millones, 53% más de lo que circuló en el año 2007. Puede notarse que del enorme aumento en la flota vehicular para el 2020, una parte considerable se da en segmentos poco eficientes con relación al consumo de combustible, como el de las camionetas (Usos Múltiples). También se tiene un gran aumento de los modos pocos eficientes en relación a la relación energía/pasajero-km, es decir, de las motocicletas.

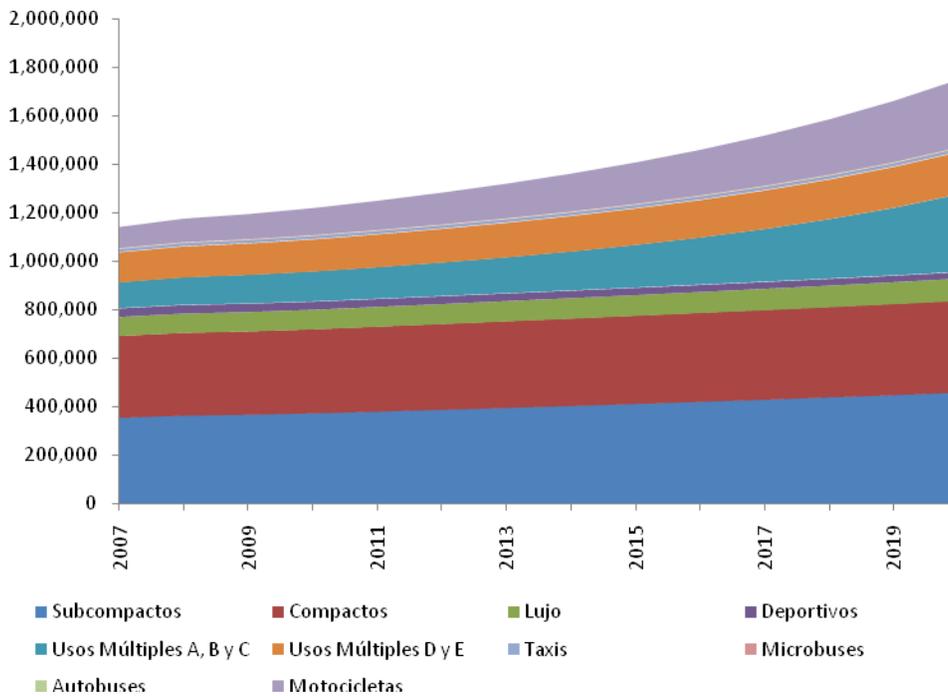
Por otro lado, en la tabla 5.20 se observa que los vehículos más pesados (camionetas) y por tanto menos eficientes, adquieren una mayor proporción en el parque, mientras que vehículos más eficientes como los compactos y subcompactos sufren un retroceso en su participación proporcional, tal como ocurre en otras metrópolis. Como se observa, el auto privado representará el 83% del total de la flota.

Tabla 5.19 Flota vehicular de la ZMG (escenario base)

	2007	2010	2015	2020	Variación 2020/2007
Subcompactos	355,422	373,159	411,669	457,670	29%
Compactos	335,415	345,313	363,118	378,952	13%
Lujo	79,565	81,890	86,967	93,410	17%
Deportivos	35,708	33,651	29,966	26,490	-26%
Usos Múltiples A, B y C	107,770	124,704	176,802	321,196	198%
Usos Múltiples D y E	124,341	132,702	150,418	172,870	39%
Subtotal particulares	1,038,221	1,091,420	1,218,941	1,450,588	40%
Taxis	11,702	11,932	12,383	12,850	10%
Midibuses	2,503	2,614	2,838	3,081	23%
Autobuses	2,518	2,629	2,854	3,098	23%
Subtotal públicos	16,723	17,175	18,074	19,029	14%
Motocicletas	87,216	111,477	171,094	279,212	220%
Total	1,142,160	1,220,072	1,408,109	1,748,829	53%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 5.7, 5.8, 5.17 y 5.18.

Figura 5.14. Escenario de crecimiento de la flota vehicular para transporte de pasajeros en la ZMG.



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.17, 5.18 y 5.19.

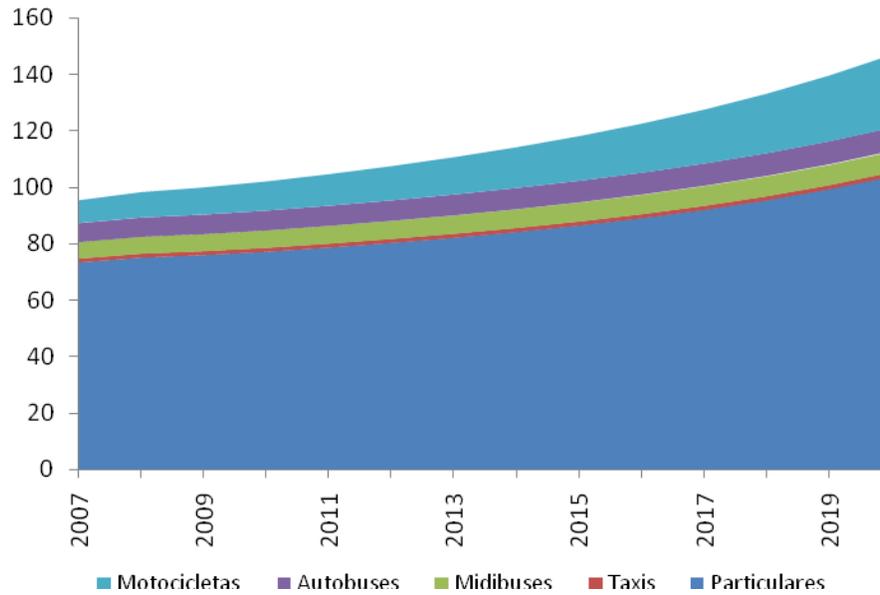
Tabla 5.20. Estructura del parque vehicular en la ZMG (escenario base)

	2007	2010	2015	2020
Subcompactos	31%	31%	29%	26%
Compactos	29%	28%	26%	22%
Lujo	7%	7%	6%	5%
Deportivos	3%	3%	2%	2%
Usos Múltiples A, B y C	9%	10%	13%	18%
Usos Múltiples D y E	11%	11%	11%	10%
Subtotal particulares	91%	89%	87%	83%
Taxis	1%	1%	1%	1%
Midibuses	0%	0%	0%	0%
Autobuses	0%	0%	0%	0%
Subtotal públicos	1%	1%	1%	1%
Motocicletas	8%	9%	12%	16%
Total	100%	100%	100%	100%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 5.19

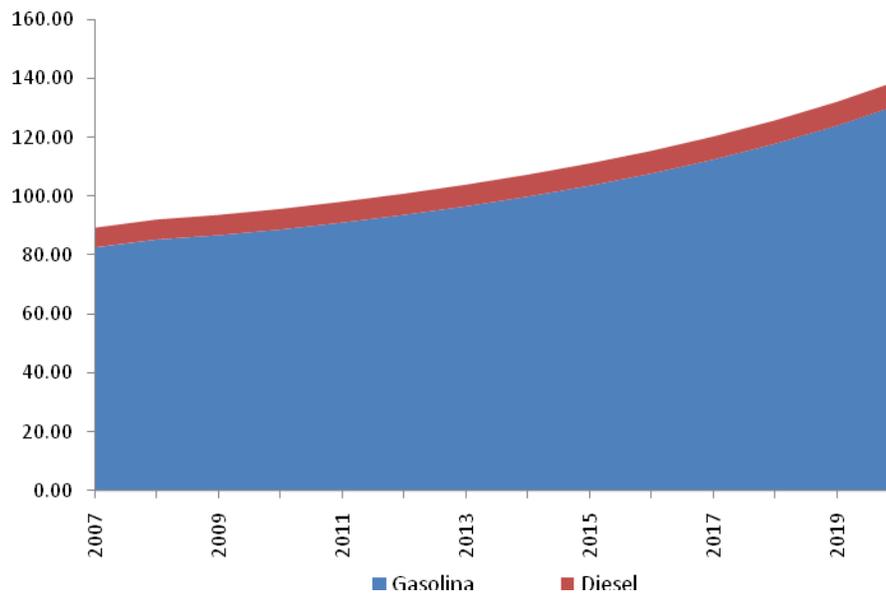
Con respecto al consumo de energía para el año 2020 para el escenario base, se encuentra que este será de 146.8 PJ, 53.9% más que en el año 2007. La figura 5.15 muestra el crecimiento por modo de transporte y la figura 5.16 por tipo de combustible. El auto particular y por tanto la gasolina, dominarán el panorama de consumo de energía para transporte en la ZMG, con el 70.7% y 89.4% del consumo, respectivamente (tabla 5.21). Obsérvese también que con las tendencias actuales, la participación del servicio público baja de 14.9% en 2007 a 11.7% en 2020.

Figura 5.15. Consumo de energía por modo de transporte ZMG (escenario base)



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.17, 5.18 y 5.21

Figura 5.16. Consumo de energía por tipo de combustible ZMG (escenario base)



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.17, 5.18 y 5.21

Tabla 5.21 Consumo de energía por modo y combustible para el 2020, ZMG (escenario base)

Consumo energético (Petajoules)					
Tipo de vehículo	2007	2020	Variación	Estructura en 2007	Estructura en 2020
Subcompactos	19.1	24.6	28.8%	20.1%	16.8%
Compactos	18.1	20.4	13.0%	18.9%	13.9%
Lujo	6.1	7.2	17.4%	6.4%	4.9%
Deportivos	4.8	3.6	-25.8%	5.0%	2.4%
Usos Múltiples A, B y C	8.3	24.7	198.0%	8.7%	16.8%
Usos Múltiples D y E	16.7	23.3	39.0%	17.5%	15.9%
<i>Subtotal particulares</i>	<i>73.2</i>	<i>103.8</i>	<i>41.9%</i>	<i>76.7%</i>	<i>70.7%</i>
Taxis	1.5	1.6	9.8%	1.5%	1.1%
Midibuses	6.0	7.4	23.1%	6.3%	5.0%
Autobuses	6.7	8.3	23.1%	7.0%	5.6%
<i>Subtotal públicos</i>	<i>14.2</i>	<i>17.3</i>	<i>21.7%</i>	<i>14.9%</i>	<i>11.7%</i>
Motocicletas	8.1	25.8	220.1%	8.4%	17.6%
Total	95.4	146.8	53.9%	100.0%	100.0%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.19.

Por su parte, las emisiones de CO₂ equivalente para el escenario base en el año 2020 alcanzarán 10,148 Gg de CO₂ equivalente, 53.9% más que las emitidas en el año 2007 (tabla 5.22, tabla 5.23 y figura 5.17). Obsérvese el gran aumento (200.7%) en las emisiones de los vehículos de tipo Usos Múltiples A, B y C debido al gran crecimiento en la ventas para este segmento.

Tabla 5.22 Emisiones de GEI para el 2020 en la ZMG (escenario base).

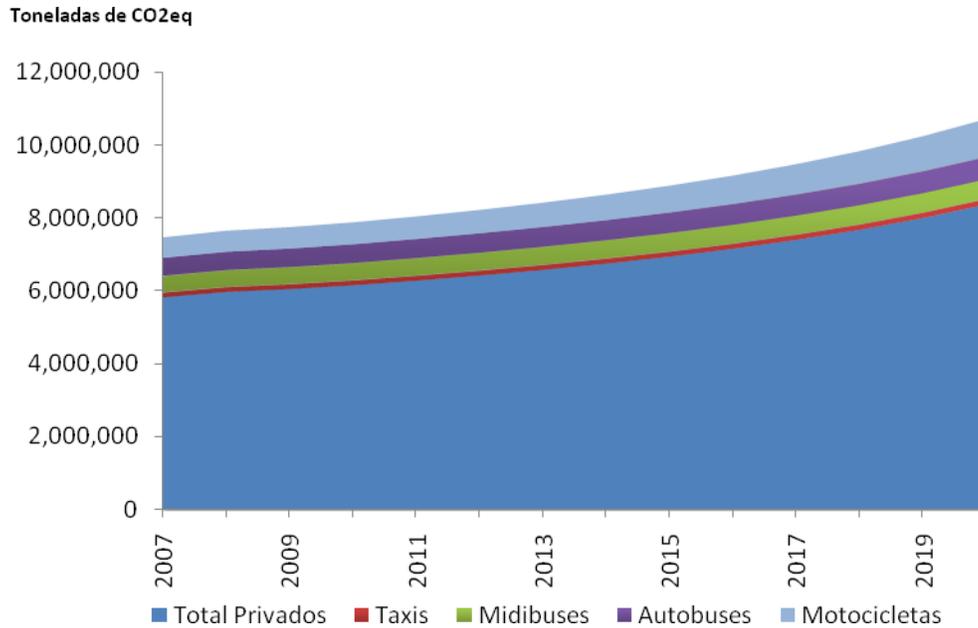
Tipo de vehículo	Emisiones de GEI en 2007 (Gg)			Emisiones de GEI en 2020 (Gg)		
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Subcompactos	1,313	0.9	0.3	1,691	1.3	0.3
Compactos	1,239	0.8	0.3	1,400	1.0	0.2
Lujo	420	0.2	0.1	493	0.3	0.1
Deportivos	330	0.1	0.0	245	0.1	0.0
Usos Múltiples a,b,c,	569	0.3	0.1	1,695	0.9	0.2
Usos Múltiples d,e	1,149	0.3	0.1	1,597	0.5	0.1
<i>Subtotal particulares</i>	<i>5,020</i>	<i>2.6</i>	<i>0.8</i>	<i>7,121</i>	<i>4.0</i>	<i>0.9</i>
Taxis	101	0.1	0.0	111	0.1	0.0
Midibuses	440	0.0	0.0	541	0.0	0.0
Autobuses	492	0.0	0.0	605	0.0	0.0
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,033</i>	<i>0.1</i>	<i>0.0</i>	<i>1,258</i>	<i>0.1</i>	<i>0.0</i>
Motocicletas	553	0.0	0.3	1,769	0.0	1.0
Total	6,605	2.7	1.2	10,148	4.1	2.0

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Tabla 5.23 Emisiones de CO₂eq para el 2020 en la ZMG (escenario base).

Tipo de vehículo	Emisiones CO ₂ equivalente (Gg eq)			
	2007	2020	Variación	TCA
Subcompactos	1,597	2,091	30.9%	2.1%
Compactos	1,493	1,723	15.4%	1.1%
Lujo	481	573	19.2%	1.4%
Deportivos	353	265	-25.1%	-2.2%
Usos Múltiples a,b,c,	661	1,986	200.7%	8.8%
Usos Múltiples d,e	1,248	1,748	40.1%	2.6%
<i>Subtotal particulares</i>	<i>5,833</i>	<i>8,386</i>	<i>43.8%</i>	<i>2.8%</i>
Taxis	126	139	9.8%	0.7%
Midibuses	443	545	23.1%	1.6%
Autobuses	495	609	23.0%	1.6%
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,064</i>	<i>1,292</i>	<i>21.5%</i>	<i>1.5%</i>
<i>Motocicletas</i>	<i>561</i>	<i>1,796</i>	<i>220.1%</i>	<i>9.4%</i>
Total	7,458	11,474	53.9%	3.4%

Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 5.22.

Figura 5.17. Emisiones equivalentes de CO₂, ZMG (escenario base)

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 5.23.

5.9.2 Escenarios de mitigación para la ZMG

Los resultados de los escenarios de mitigación propuestos en la sección de metodología pueden apreciarse en la tabla 5.24 para cada escenario. En la ZMG, con todas las medidas aplicadas conjuntamente, la disminución de emisiones de GEI llegarían al 20.8% respecto del escenario base. En orden de importancia, el programa equivalente al Hoy No circula de la ZMVM representa una mitigación, para el 2020, del 6.58% con respecto a la línea base; el BRT, un 5.85%; la eficiencia asociada al aumento en la velocidad tiene un impacto del 5.63%; mientras que la eficiencia en autos nuevos representa el 2.74% frente al escenario base.

En relación con el escenario de mitigación por cambio de modalidad, se reportan en la tabla 5.25 las condiciones de aplicación de este escenario. Para el caso de que autobuses (BRT) con una

capacidad de 60 pasajeros sustituyan a midibuses con capacidad de 30 pasajeros, se obtiene como resultado que, en el año 2020, se pueda eliminar debido a este programa, la circulación de 485 midibuses para sustituirlos por 242 autobuses tipo BRT más eficientes desde el punto de vista de las emisiones de CO₂eq/pasajero-km. Para este escenario de cambio de modalidad, la flota de microbuses en la ZMG en el año 2020 llega a ser de 2596 unidades, en comparación con las 3,081 del escenario base.

Se presentan también, los resultados de cada escenario de mitigación con relación al acumulado de emisiones de CO₂eq para el periodo 2007-2020 (tabla 5.26) y su evolución (figura 5.18).

Tabla 5.24 Emisiones de CO₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI, ZMG al año 2020 (Teragramos de CO₂eq)

	Base 2007	Base 2020	Eficiencia autos nuevos 2020	BRT 2020	Eficiencia velocidad 2020	Hoy No Circula 2020
Provenientes del CO₂						
Privados	5.0198	7.1212	6.9239	6.5515	6.5954	6.5350
Taxis	0.1012	0.1111	0.1048	0.1111	0.1014	0.1096
Midibuses	0.4399	0.5414	0.5414	0.5414	0.5414	0.5175
Autobuses	0.4916	0.6050	0.6050	0.6050	0.6050	0.5641
Motocicletas	0.5527	1.7695	1.6588	1.7695	1.6588	1.7695
Total	6.6052	10.1482	9.8339	9.5785	9.5020	9.4958
Provenientes del CH₄						
Privados	0.0173	0.0184	0.0184	0.0169	0.0184	0.0167
Taxis	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Midibuses	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
Autobuses	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
Motocicletas	0.0069	0.0220	0.0220	0.0220	0.0220	0.0220
Total	0.0251	0.0414	0.0414	0.0400	0.0414	0.0397
Provenientes del N₂O						
Privados	0.7954	1.2461	1.2461	1.1464	1.2461	1.1458
Taxis	0.0248	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0268
Midibuses	0.0027	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0031
Autobuses	0.0029	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0031
Motocicletas	0.0016	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
Total	0.8273	1.2848	1.2848	1.1851	1.2848	1.1838
Teragramos de CO₂eq						
TOTAL	7.46	11.47	11.16	10.80	10.83	10.72
Diferencia (Tg)			-0.31431	-0.67086	-0.64616	-0.75514
Diferencia (%)			-2.74%	-5.85%	-5.63%	-6.58%

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Tabla 5.25 Consideraciones para escenario de incremento de autobús tipo BRT para la ZMG

	U. Medida	2010	2015	2020
% autos en el programa de reducción	%	1.0%	5.5%	10.0%
% de disminución de kilómetros	%	10%	45%	80%
Veh-km escenario base (auto privado)	Millones	18,723	20,911	24,885
Diferencia en pas-km que absorbe BRT	Millones	19	518	1991
Incremento de Veh-km de autobús urbano (BRT)	Millones	0.31	8.63	33.18
Autobuses para BRT	unidades	2	63	242
Sustitución de microbuses antiguos	unidades	5	126	485

F.O BRT 60 pasajeros; km anuales de transporte urbano 136,875 (375 km diarios*365 días al año)

Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 5.9 y 5.19.

Tabla 5.26 Emisiones acumuladas de CO₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI, ZMG al año 2020 (Teragramos de CO₂ eq)

	Base	Base	Eficiencia autos nuevos	BRT	Eficiencia velocidad	Hoy No Circula
	2007	2020	2020	2020	2020	2020
Teragramos de CO₂ eq						
TOTAL	7.46	126.77	125.57	124.16	123.75	119.61
Diferencia (Tg)			-1.20013	-2.61352	-3.02419	-7.15732
Diferencia (%)			-0.95%	-2.06%	-2.39%	-5.65%

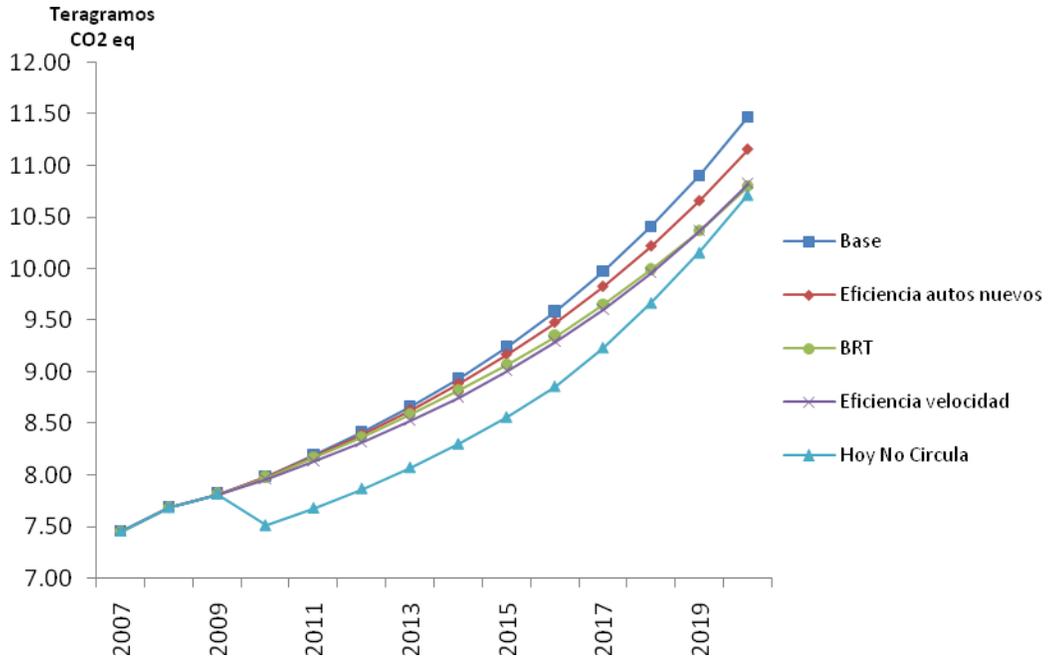
Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Es pues importante hacer la distinción entre el beneficio que proporciona un determinado escenario de reducción de emisiones al hacer la comparación sólo entre los años 2020 y 2007, y el beneficio acumulado por el escenario para el total del periodo 2007-2020. En cada caso tenemos porcentajes de participación diferentes. El Hoy No Circula implica una diferencia de 5.6% con respecto al escenario base; el BRT, 2.1%; el aumento de eficiencia debido al aumento de velocidad de circulación, da un 2.4% menos; y finalmente, la mayor eficiencia en autos nuevos se traduce en un 1% por debajo del escenario base. Todos los escenarios juntos arrojan una mitigación del 11.1%.

Estas diferencias ocurren debido a que, si bien para el 2020, escenarios de mitigación tales como el aumento en la eficiencia en autos nuevos y el aumento de BRT, provocan una reducción anual de

CO₂ eq importante, estos escenarios, debido a que entrar en operación de forma gradual, representan una mejoría menor si se considera el acumulado 2007-2020. Lo contrario ocurre para el escenario del Hoy no circula debido a que su implementación no es gradual.

Figura 5.18. Evolución de los escenarios base y de mitigación para la ZMG



Fuente: Estimación propia con datos obtenidos con la metodología IPCC (1996).

CAPÍTULO 6

6. La Zona Metropolitana de Monterrey

6.1. Extensión Territorial de la Zona Metropolitana de Monterrey.

La Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), como se establece en SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007), está conformada por doce municipios, que son: Apodaca, Cadereyta de Jiménez, García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García, Santa Catarina y Santiago. El área total de la ZMM es de 6,684.06 km², de los cuales 10.7% son urbanos (INEGI, 2005a), concentrados principalmente en los municipios de San Nicolás de los Garza, Escobedo, la parte norte de Monterrey, San Pedro Garza García y Apodaca. Además se extiende en importantes zonas del poniente, en Santa Catarina, y hacia el sur, en Monterrey y Santiago.

La tabla 6.1 muestra las áreas total y urbana (de AGEBS), así como el porcentaje urbanizado, de los municipios de la ZMM. Se observa que San Pedro Garza García, Guadalupe, Monterrey y San Nicolás de los Garza son los únicos municipios que tienen un porcentaje de urbanización mayor al 50%, mientras que los municipios con menos del 10% de urbanización son Cadereyta de Jiménez, García, Salinas Victoria, Santa Catarina y Santiago. El área urbana del municipio Cadereyta de Jiménez no tiene conurbación física, sino que es denominado municipio metropolitano por el criterio de “distancia, integración funcional, carácter urbano” (SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2007).

6.2 Características Demográficas de la ZMM.

La población total de los municipios de la ZMM es de 3'738,077 (INEGI, 2005a), con un promedio de 5,247 habitantes por km² urbanizado. En la tabla 6.2 se muestra la población por municipio y la densidad (habitantes por km² urbanizado) de la misma. Por mucho, el municipio con mayor población es Monterrey, seguido por Guadalupe y San Nicolás de los Garza. La población se

encuentra concentrada principalmente en los municipios de la zona norte y oriente de la ZMM, especialmente en San Nicolás de los Garza, Guadalupe y la parte norte del municipio de Monterrey.

En torno a la densidad de población (habitantes por km² urbanizado) destacan los municipios de Guadalupe y San Nicolás de los Garza, como los de mayor densidad; también destaca la parte poniente de Apodaca y la parte norte del municipio de Monterrey.

Tabla 6.1 Áreas total y urbana de los Municipios de la Zona Metropolitana de

Municipios		Área Mun 2005	Área AGEB 2005	% Urbanizado
19006	Apodaca	246.00	70.61	28.70%
19009	Cadereyta Jiménez	1,140.08	30.68	2.69%
19018	García	1,039.38	16.85	1.62%
19019	San Pedro Garza García	73.03	46.29	63.39%
19021	Gral. Escobedo	150.86	50.67	33.59%
19026	Guadalupe	117.69	85.28	72.46%
19031	Juárez	246.83	27.98	11.34%
19039	Monterrey	322.33	209.24	64.92%
19045	Salinas Victoria	1,657.14	12.47	0.75%
19046	San Nicolás de los Garza	60.06	60.07	100.01%
19048	Santa Catarina	884.61	35.80	4.05%
19049	Santiago	746.05	66.43	8.90%
Zona Metropolitana Monterrey		6,684.06	712.37	10.66%

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2005a, b, c).

Tabla 6.2 Población urbana y densidad poblacional en los Municipios de la Zona Metropolitana de Monterrey.

Municipios		Población AGEB 2005	Densidad Población
19006	Apodaca	418,784	5,931
19009	Cadereyta Jiménez	73,746	2,404
19018	García	51,658	3,066
19019	San Pedro Garza García	122,009	2,636
19021	Gral. Escobedo	299,364	5,908
19026	Guadalupe	691,931	8,114
19031	Juárez	144,380	5,160
19039	Monterrey	1,133,814	5,419
19045	Salinas Victoria	27,848	2,233
19046	San Nicolás de los Garza	476,761	7,937
19048	Santa Catarina	259,896	7,260
19049	Santiago	37,886	570
Zona Metropolitana Monterrey		3,738,077	5,247

Fuente: Elaboración propia con información INEGI (2005a, b, c)

6.3 La red vial de la ZMM

De manera similar a lo que sucede en otras zonas metropolitanas, en la red vial de la ZMM se mezclan tramos de carreteras y de autopistas, vías internas rápidas de cuota, vías de acceso controlado, vialidad primaria, vialidades colectoras y calles locales. Algunas áreas tienen conexiones limitadas a la red vial, entre éstas, destaca la zona sur del municipio de Monterrey y el municipio de Santiago, lo que implica posibles limitaciones en la accesibilidad vial y de servicios de transporte; toda esa área urbana tiene acceso al resto de la ciudad y a la zona conurbada de Monterrey, únicamente a través de la Av. Eugenio Garza. Así pues, en los municipios periféricos, la vialidad que conecta con el resto del área urbana es limitada, más aún cuando el arco vial, que facilitaría ir entre Reynosa, Laredo y Saltillo sin pasar por el área urbana, aún está incompleto.

Por lo general las ciudades crecen a lo largo de la vialidad o las carreteras. Así, parece que la situación del sur de Monterrey y Santiago, se repetirá en los municipios de Cadereyta de Jiménez, García y Salinas Victoria. Estos municipios, que tienen áreas urbanas no contiguas al resto de la ZMM, seguramente tenderán a crecer sobre las carreteras que conectan dichas áreas, hasta conectarlas, manteniéndose quizá una sola vialidad (o muy pocas) de acceso a cada una de esas áreas urbana, lo que implica que podrá haber limitaciones en accesibilidad vial y de servicios de transporte.

De acuerdo con el *Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030* del Gobierno Estado de Nuevo León (Gobierno de Nuevo León, 2009), la saturación de las vías ya es un problema. Las figuras 6.1 y 6.2 muestran la saturación de las vialidades en 2000 y el esperado para el año 2010, respectivamente, para el Área Metropolitana de Monterrey¹ (AMM).

¹ Se hace la distinción entre el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) conformada por los municipios de Apodaca, García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolás de los Graza, San Pedro Garza García y Santa Catarina (9 municipios) y por otro lado, la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), la cual se conforma por los 12 municipios ya señalados al inicio de la sección. Sin embargo, se considera que las imágenes y las cifras que se muestran para el AMM son altamente representativas de la ZMM. Cfr. tablas 6.1 y 6.2.

Figura 6.1 Saturación vial del AMM en el año 2000



Fuente: Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030 (GNL, 2008).

Figura 6.2 Proyecciones de saturación vial del AMM para el 2010



Fuente: Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030 (GNL, 2008).

Para el año 2000, el AMM contaba con 13,602 hectáreas de vialidades², lo que representaba un 24% del total del área urbana. De manera desagregada, la participación de los municipios en la vialidad total en dicho año, fue: Monterrey 29.15%, Guadalupe 17.23%, Apodaca 14.14%, San Nicolás 11.01%, Escobedo 7.99%, Santa Catarina 7.76%, San Pedro 6.73%, Juárez 5.80% y García 0.18% (CEDEM, 2002).

Por otro lado, en el año 2004 el AMM contaba con 1,671.73 km lineales de red vial principal y secundaria. Se estima que para el 2007, esta red contó con una longitud de 1,863.42 km, pero cabe resaltar el gran aumento en el nivel de saturación global en tan sólo tres años, pasando de 24% en 2004 a más del 50% en 2007 (Gobierno de Nuevo León, 2004). Así pues, existe un desfase considerable entre el ritmo al que aumenta la cantidad de automóviles y el crecimiento de las vialidades. El crecimiento acumulado del parque vehicular en el período 1991-2003 fue de 207.35%, mientras que las vialidades crecieron 52.92% en el mismo periodo (Gobierno de Nuevo León, 2004), lo que produce, entre otros inconvenientes, una disminución en la velocidad de circulación.

6.4 Características generales del transporte de pasajeros en la ZMM

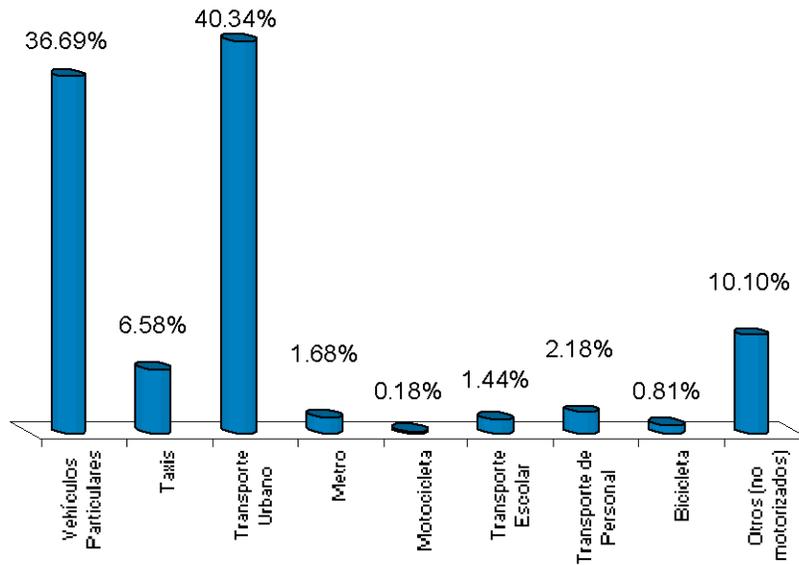
Según la encuesta origen-destino levantada en unos 90,000 hogares en el año 2005 en el AMM, el total de viajes efectuados en el área es de 8.2 millones, de los cuales, 89% son en medios motorizados; a su vez, de los viajes motorizados, un 51% se hace en medios masivos de transporte y el 49% restante se hace en medios individuales (auto propio o taxi) (Gobierno de Nuevo León, 2009). La figura 6.3 muestra la desagregación por modo de transporte de los viajes efectuados en la AMM para el año 2005. Obsérvese que existe un uso intensivo del automóvil, pues se realizan en automóvil particular casi un 37% del total de los viajes.

Considerando únicamente los viajes realizados en Transporte Público, los modos se distribuyen de la siguiente manera: Transporte Urbano, 83%; Taxi, 13.5%; Metro, 3.5%.

Cabe hacer notar que la participación de los medios individualizados (auto propio y taxis) se ha venido incrementando considerablemente en los últimos años (véase figura 6.4), convirtiéndose en un gran problema ambiental y vial dentro de la ZMM.

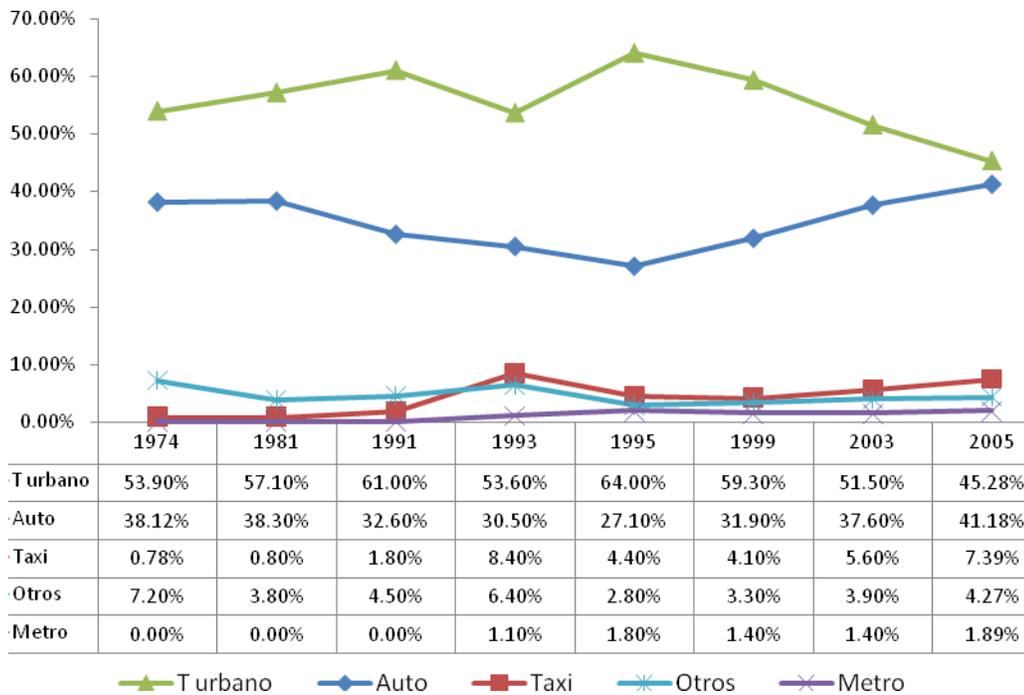
² Se incluyen vías peatonales, locales, primarias y colectoras, secundarias, autopistas, libramientos, carreteras, y derechos de vía naturales que pudieran incorporarse al sistema de comunicación.

Figura 6.3 Participación modal de los viajes en el AMM (2005).



Fuente: Elaboración propia con datos de Gobierno de Nuevo León, 2009.

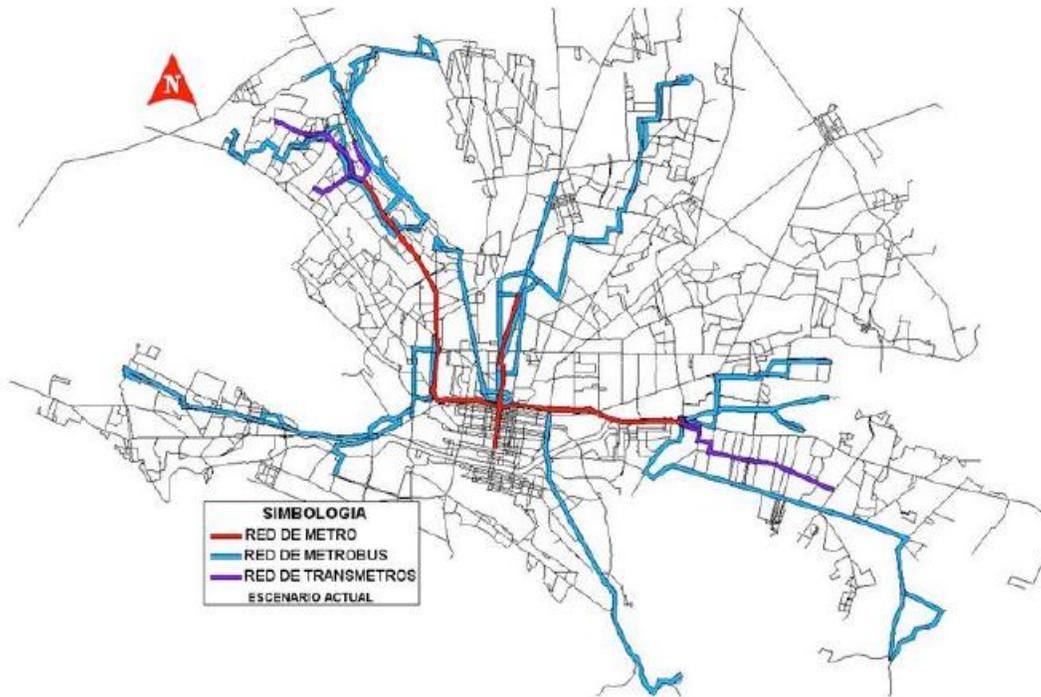
Figura 6.4. Evolución de la participación modal de viajes motorizados en el AMM.



Fuente: Elaboración propia con datos de Gobierno de Nuevo León, 2009 y CEDEM, 2002.

Como parte de la oferta de transporte público en la Zona Metropolitana de Monterrey se tiene el Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey (STC Metrorrey). El sistema Metrorrey de Nuevo León aparece en 1991. Estaba previsto en su Plan Maestro, la construcción de 4 líneas de doble vía con una longitud de 80.5 km. Sin embargo, actualmente sólo se han concluido y puesto en operación 18.5 km de la línea 1 (aparecida en 1991) más 8.5 km pertenecientes a la línea 2 (aparecida en 1994 con 3.5 km), para un total de 27km (Gobierno de Nuevo León, 2009). Este sistema (figura 6.5), movía un promedio de 160 mil pasajeros diariamente en el año 2004 (Gobierno de Nuevo León, 2004).

Figura 6.5. Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey.



Fuente: Gobierno de Nuevo León, 2009

Asimismo, se observa que complementa al STC Metrorrey, la red del Transmetro, la cual se conforma por una red de autobuses de alta calidad que recorren la ZMM siguiendo los trazos determinados en el Plan Maestro de líneas del Metro y en la que la transferencia entre los modos de transporte Metro y Transmetro no causa costo adicional al usuario. El sistema Transmetro cuenta actualmente con 59 estaciones distribuidas en 37 km de longitud y con 30 unidades en la hora de

máxima demanda. Para el año 2007, el STC Metrorrey movía 220 mil personas al día (Gobierno de Nuevo León, 2009). Además de lo anterior, el STC Metrorrey opera la Red del Metrobús, que cuenta con 21 rutas con recorridos al Metro. Este sistema hace uso de autobuses del transporte urbano cuyo horario de servicio es igual al del sistema Metro.

Por otro lado, en la oferta de transporte urbano mediante camiones de pasajeros, se encuentran los microbuses y autobuses, cuyo recorrido no tiene por objeto la conexión con las estaciones del sistema Metro. Esta oferta fue creciendo conforme al crecimiento urbano. Para 1975 las rutas en promedio tenían 17.7 km de longitud, mientras que en 1999 habían crecido hasta 32.6 km. En los setentas, se permitió a los concesionarios el uso de transporte complementario a los autobuses (las llamadas peseras). Hacia 1987 el servicio de transporte urbano era proporcionado por 2,400 autobuses y 3,000 peseras. Para el 2008, la oferta completa del sistema de autobuses urbanos del AMM se prestaba con 4,947 unidades de 7 categorías (véase tabla 6.3), en 303 rutas con un total de 12,479 km, teniendo una cobertura espacial³ del 98% de la superficie urbanizada (Gobierno de Nuevo León, 2009).

Tabla 6.3. Oferta del transporte urbano por modalidad en el AMM en el 2008.

<i>Tipo de Ruta</i>	<i>Rutas</i>	<i>Número de Unidades</i>	<i>Longitud promedio de rutas</i>
Radiales	153	2,413	40.44
Periféricas	47	1,054	54.15
Microbuses y Midibuses	65	902	30.94
Metrobus (Rutas 400)	12	75	25.17
Metrobus (Rutas Radiales)	7	231	68.29
Metrobus (Microbuses y Midibuses)	2	103	8.80
Intramunicipales	5	56	33.55
Suburbana	8	81	92.25
Transmetro	4	32	8.00
<i>TOTAL</i>	<i>303</i>	<i>4,947</i>	<i>40.18</i>

Fuente: Gobierno de Nuevo León, 2009

³ Considerando una franja de 400m. a cada lado

Finalmente, los taxis complementan la oferta de transporte público. En el AMM se encuentran activas 26,276 concesiones (Gobierno de Nuevo León, 2009).

Con respecto a la edad de la flota vehicular de transporte público, en la tabla 6.4 se presenta su estructura.

Tabla 6.4. Estructura de la flota vehicular de transporte público según su edad.

Modo	Antigüedad en años									
	9 o más	8	7	6	5	4	3	2	1	0 a 1
Autobuses	2.44%	3.30%	3.23%	4.67%	7.34%	7.20%	19.87%	24.95%	19.00%	8.00%
Microbuses	52.26%*	12.63%	1.01%	0.18%	1.94%	7.47%	8.20%	15.21%	1.11%	0.00%
Taxis		13.74%	11.40%	9.87%	14.26%	12.41%	19.23%	14.16%	4.93%	0.00%

* Este porcentaje se distribuyó uniformemente en 4 años más.

Fuente: Taxis y autobuses: Gobierno de Nuevo León, 2009. Microbuses: CEDEM, 2002.

A partir de la tabla 3.5, que detalla las fuentes de información y suposiciones que se toman para construir la estructura del parque vehicular, resulta que en el 2007 el parque vehicular de la ZMM tiene los totales mostrados en la tabla 6.5. Para dicho año, el total de vehículos circulando en la ZMM superó los 1.5 millones, considerando el transporte de carga y de pasajeros; de este total, el 72.7% corresponde a automóviles particulares.

Tabla 6.5. Flota vehicular en la ZMM en 2007.

Tipo de transporte	Total
Automóviles particulares	1,112,488
Taxis	26,540
Microbuses	1,001
Autobuses pasajeros	4,218
Camiones de carga y otros	356,057
Motocicletas	28,668
Total	1,528,972

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y Gobierno de Nuevo León (2008 y 2009).

La tabla 6.6 muestra la estimación de la estructura del parque de automóviles privados y la tabla 6.7 la del transporte público, desagregados por año-modelo.

Tabla 6.6. Estimación de la flota de vehículos privados en la ZMM (2007)

Año modelo	Total	Subcompacto	Compacto	Deportivo	Lujo	Usos múltiples a,b,c,	Usos múltiples d,e
1972 y anteriores	145	50	38	11	37	9	0
1973	251	85	71	15	61	19	0
1974	438	151	141	24	88	34	0
1975	623	227	192	29	114	62	0
1976	791	281	264	31	132	83	0
1977	914	309	321	39	174	72	0
1978	1,469	605	470	58	255	81	0
1979	2,398	991	692	137	441	138	0
1980	3,961	1,522	952	254	578	234	421
1981	6,270	2,199	1,515	519	1,016	358	664
1982	6,860	2,946	1,337	579	864	492	642
1983	5,686	2,351	1,157	661	853	278	386
1984	7,471	2,959	2,212	514	815	393	578
1985	10,619	3,563	3,496	650	1,304	679	927
1986	10,672	2,980	3,910	571	1,067	527	1,617
1987	13,812	2,855	5,534	1,857	1,097	575	1,894
1988	15,963	3,427	6,990	1,328	1,927	865	1,426
1989	21,229	4,668	9,758	1,444	2,298	1,263	1,798
1990	29,836	7,770	13,141	1,956	3,095	2,059	1,815
1991	39,464	9,751	17,229	2,474	4,271	2,913	2,826
1992	48,580	11,580	20,669	2,760	5,695	4,171	3,706
1993	54,264	12,290	23,212	3,558	6,053	4,970	4,182
1994	55,084	12,395	23,076	4,164	6,759	3,808	4,883
1995	43,733	5,755	19,540	3,887	5,871	1,873	6,806
1996	32,227	5,849	14,009	2,297	3,841	1,344	4,887
1997	35,375	8,901	15,519	1,839	2,833	1,448	4,836
1998	39,811	13,577	15,085	1,327	3,341	2,191	4,290
1999	39,762	14,211	14,750	924	3,514	2,300	4,064
2000	52,285	18,789	18,795	1,096	4,944	3,184	5,476
2001	59,374	23,968	19,568	958	5,277	3,780	5,824
2002	67,572	30,637	18,954	1,560	6,118	5,274	5,029
2003	67,952	31,867	16,906	1,397	5,191	7,586	5,006
2004	79,130	35,628	18,216	1,316	5,509	10,455	8,006
2005	83,379	33,962	18,988	1,277	5,773	12,869	10,509
2006	87,492	31,177	21,639	1,210	6,969	14,363	12,135
2007	87,594	27,328	24,596	1,045	6,867	14,788	12,970
TOTAL	1,112,488	367,603	372,940	43,764	105,042	105,538	117,602

Fuente: Estimación propia a partir de INEGI y Melgar

Tabla 6.7. Estimación del parque vehicular de transporte público en la ZMM (2007)

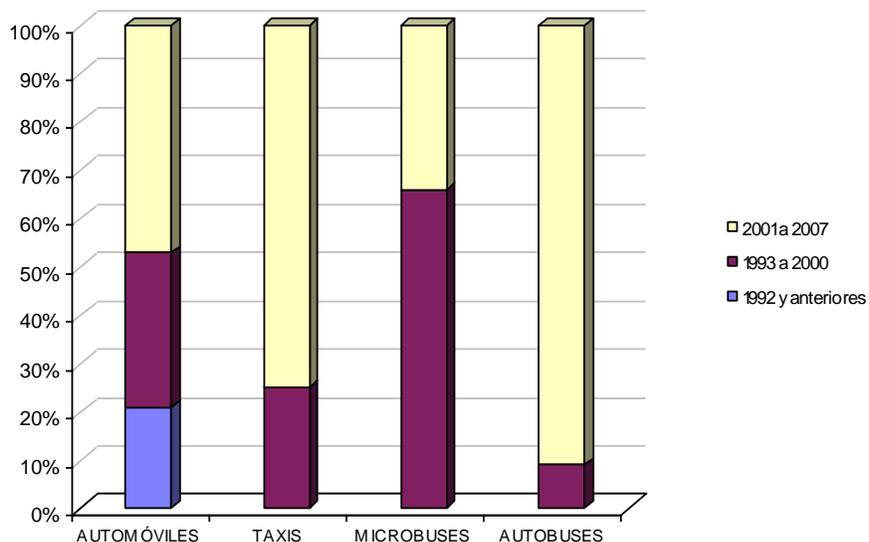
Año-modelo	TOTAL Transporte público	Taxis	Midibuses	Autobuses
1972 y anteriores	0	0	0	0
1973	0	0	0	0
1974	0	0	0	0
1975	0	0	0	0
1976	0	0	0	0
1977	0	0	0	0
1978	0	0	0	0
1979	0	0	0	0
1980	0	0	0	0
1981	0	0	0	0
1982	0	0	0	0
1983	0	0	0	0
1984	0	0	0	0
1985	0	0	0	0
1986	0	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	0	0	0	0
1990	0	0	0	0
1991	0	0	0	0
1992	0	0	0	0
1993	0	0	0	0
1994	105	0	105	0
1995	105	0	105	0
1996	105	0	105	0
1997	105	0	105	0
1998	208	0	105	103
1999	3,912	3,646	126	139
2000	3,172	3,026	10	136
2001	2,819	2,620	2	197
2002	4,112	3,783	19	310
2003	3,673	3,295	75	304
2004	6,023	5,103	82	838
2005	4,963	3,758	152	1,052
2006	2,122	1,309	11	801
2007	337	0	0	337
TOTAL	31,759	26,540	1,001	4,218

Fuente: Estimación propia a partir de Gobierno de Nuevo León (2008 y 2009) y CEDEM.

Casi la mitad del parque de vehículos privados corresponde a modelos 2001-2007 (47.9%) y tan sólo el 20% corresponde a vehículos anteriores a 1992 (figura 6.6). Al igual que en la ZMG, cerca

del 20% de los vehículos no cuentan con convertidor catalítico de tres vías. Por otro lado la flota de autobuses y taxis es bastante moderna, mientras la mayoría de microbuses está entre los modelos 1993-2000.

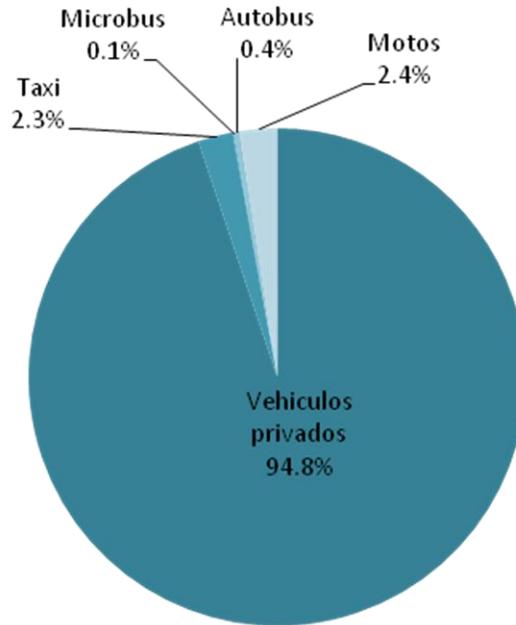
Figura 6.6 Estimación de la edad del parque vehicular ZMM (2007)



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, Gobierno de Nuevo León (2008 y 2009) y CEDEM.

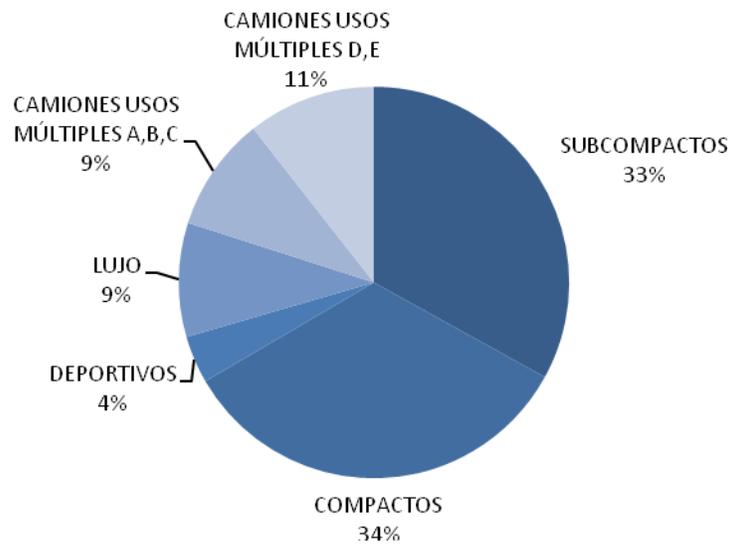
Asimismo, puede observarse en la figura 6.7 que, considerando únicamente el transporte de pasajeros motorizado, los automóviles particulares representan casi el 95%. Este universo de automóviles particulares está compuesto en un 67% por autos subcompactos y compactos (figura 6.8). Analizando aún con mayor detalle la flota de automóviles particulares, se encuentra que en el año 2007, el 12.5% eran modelos anteriores a 1990, es decir que no contaban con control de emisiones; el 7.9% tenía convertidor catalítico de oxidación (modelos 1991 y 1992) y el 79.6% contaba con convertidor catalítico de tres vías. De manera gráfica, puede observarse en la figura 6.9 los autos particulares de acuerdo con su segmento y tecnología de reducción de contaminantes: obsérvese la fuerte presencia, en términos absolutos, de los vehículos subcompactos y compactos, por lo que puede decirse que actualmente, el principal aporte de vehículos sin convertidor catalítico de tres vías lo dan estos segmentos.

Figura 6.7. Estructura del parque vehicular en la ZMM por modo de transporte (2007)



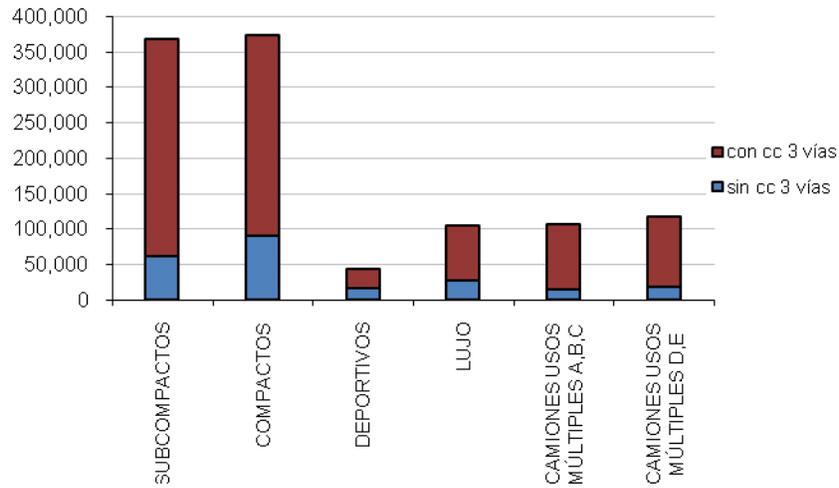
Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.6 y 6.7.

Figura 6.8. Estructura de la flota de autos privados en la ZMM por segmento (2007)



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.6.

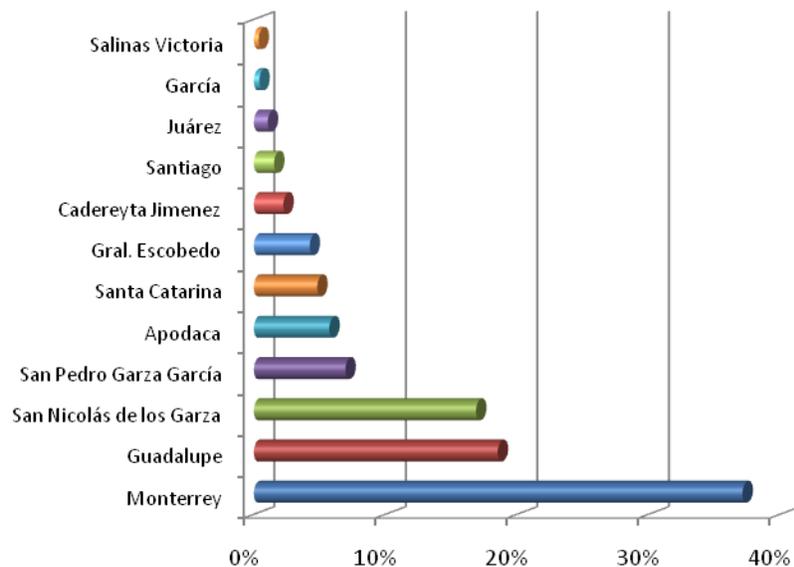
Figura 6.9. Automóviles particulares con y sin convertidor catalítico en la ZMM (2007)



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.6.

Finalmente, en relación con la distribución espacial de los vehículos en la ZMM, cabe hacer mención que cada uno de los municipios que conforman la ZMM contribuye en diferente proporción a la conformación del parque vehicular total. La figura 6.10 muestra la participación de cada municipio en el parque vehicular de la ZMM en el 2007.

Figura 6.10. Participación de cada municipio en la flota total vehicular de transporte de pasajeros.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Se tomó el promedio de los registros del 2002 al 2007

6.5 Estimación del consumo de combustibles del transporte de pasajeros en la ZMM para el año 2007.

De acuerdo con la metodología presentada en la sección 3; para estimar el consumo de combustibles, es necesario conocer el recorrido anual por tipo de vehículo, así como su rendimiento vehicular. La tabla 6.8 muestra las distancias diarias recorridas por tipo de vehículo, obtenidos, en el caso de vehículo privado, tanto del *Plan sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030. Anteproyecto para Consulta Pública* (Gobierno de Nuevo León, 2009) para el número de viajes promedio, como del *Anteproyecto del Plan Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey* (Gobierno de Nuevo León, 2008). Para el caso del transporte público, los datos provienen también de esta última fuente.

Dado que no se cuenta con mayor información, el recorrido se considera el mismo para todas las edades; además, aún cuando hay algunos vehículos que utilizan gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural comprimido (GNC), dado que es una flota muy pequeña y no se obtuvo información respecto a la misma, se asume que el 100% de la flota de autos privados, taxis y microbús usa gasolina y que el 100% de la flota de autobuses utiliza diesel.

La tabla 6.9 muestra la estimación del rendimiento vehicular por tipo de vehículo. De la misma manera como se hizo en el caso de la ZMG, se asume que los rendimientos en la ZMM son los mismos que para la ZMVM (SMA, 2008).

Tabla 6.8. Distancia promedio recorrida por tipo de transporte en la ZMM (2007).

Tipo de Transporte	Recorrido Promedio (km/día)	Días / año
Automóvil particular	25.5	365
Taxis	320	365
Transporte Público Autobuses	300	365
Transporte Público Microbuses	300	365
Motocicletas	79	365

Fuentes: Automóvil particular: cálculos propios con datos de Gobierno de Nuevo León (2008 y 2009).
Transporte Público: Gobierno de Nuevo León (2008 y 2009). Motocicletas: SMA (2008).

Tabla 6.9 Rendimiento vehicular promedio para vehículos de gasolina y diesel (2007)

Tipo de vehículo	Rendimiento [km/L]
Vehículos a gasolina	
Subcompactos y compactos	10
Lujo y Usos Múltiples A, B, C	7
Deportivos y Usos Múltiples D, E	4
Taxis	10
Microbuses	2
Motocicletas	9.8
Vehículos a diesel	
Autobuses	1.8

Fuente: SMA (2008)

Bajo las consideraciones hechas, el consumo de combustibles en la ZMM para transporte de pasajeros (incluyendo motocicletas) alcanzó en 2007 el valor de **65.30 PJ**; lo cual significó el **3.7%** del consumo de combustibles del autotransporte en el país. La tabla 6.15 muestra el consumo por combustibles de la ZMM y a nivel nacional.

Tabla 6.10. Consumo de combustibles (PJ) para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007)

	<i>ZMM</i>	<i>Nacional</i>	<i>% del Nacional</i>
<i>Gasolina</i>	56.32	1,277.283	4.4%
<i>Diesel</i>	8.99	469.146	1.9%
<i>GLP</i>		38.58	0.0%
<i>GNC</i>		0.711	0.0%
Total	65.30	1,785.72	3.7%

Fuente: ZMM: Cálculos propios; Nacional (SENER, 2008)

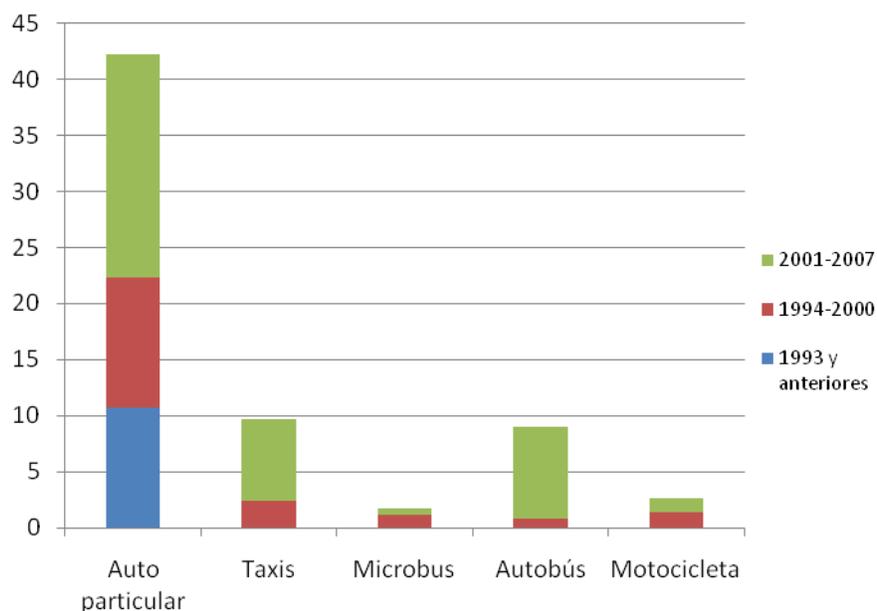
La tabla 6.11 muestra el consumo por combustibles por modo. Aquí, al igual que en la ZMG, el auto particular también domina la escena con el 82.1% del consumo. La figura 6.11 muestra el consumo de combustibles por modo y edad.

Tabla 6.11 Estimación del consumo de combustibles por modo ZMM (2007)

	PJ	%
Gasolina	56.32	86.2%
Subcompactos y compactos	21.64	33.1%
Lujo y camionetas A, B, C	8.79	13.5%
Deportivos y camionetas D, E	11.79	18.1%
Taxis	9.73	14.9%
Microbuses	1.72	2.6%
Motocicletas	2.65	4.1%
Diesel	8.99	13.8%
Autobuses	9	13.8%
Total	65.30	100.0%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 6.6, 6.8 y 6.9.

Figura 6.11. Consumo de energía (PJ) por modo y por edad en la ZMM (2007)



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.6, 6.7, 6.8 y 6.9.

6.6 Inventario de emisiones de GEI para transporte de pasajeros en la ZMM para el año 2007

Las emisiones de GEI de la ZMM fueron de 5.17 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.). Las tablas 6.12 y 6.13 muestran las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O y CO₂eq, por modo de transporte y por tipo de combustible, respectivamente.

En la figura 6.12 se aprecia la estructura de las emisiones por modo: El auto particular representó el 65% de las emisiones; el taxi, el 16%; los microbuses, el 2%; los autobuses, el 13%; y las motocicletas contribuyeron con el 4%. Por su parte, el transporte de gasolina (figura 6.13) representó el 87% de las emisiones equivalentes de CO₂. Cabe hacer notar que mientras el auto particular representa en 65% de las emisiones, el porcentaje de viajes que se realizan en este tipo de medio de transporte sólo llega al 36.7%.

Tabla 6.12. Emisiones de CH₄, N₂O y CO₂eq para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007, por modo de transporte)

Tipo de vehículo	Gigagramos (Miles de ton)			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Subcompactos	737	0.51	0.15	897
Compactos	748	0.48	0.17	901
Lujo	301	0.13	0.05	344
Deportivos	219	0.05	0.02	235
Usos Múltiples a,b,c,	302	0.15	0.04	349
Usos Múltiples d,e	589	0.16	0.05	641
<i>Subtotal particulares</i>	<i>2,896</i>	<i>1.49</i>	<i>0.48</i>	<i>3,368</i>
Taxis	668	0.53	0.09	833
Microbuses	118	0.03	0.00	126
Autobuses	659	0.01	0.02	663
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,445</i>	<i>0.56</i>	<i>0.12</i>	<i>1,622</i>
Motocicletas	182	0.00	0.11	184
Total	4,523	2.05	0.70	5,174

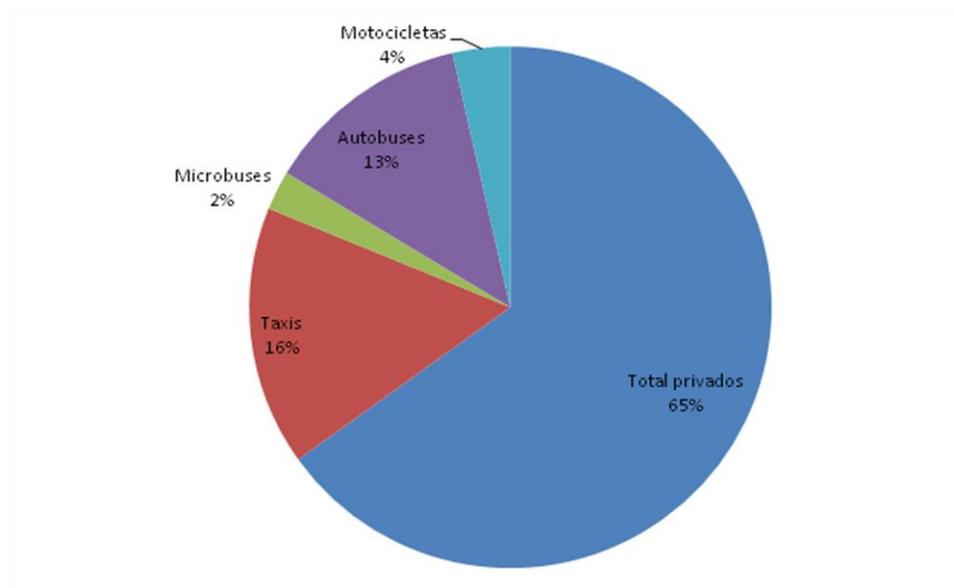
Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Tabla 6.13. Emisiones de CH₄, N₂O y CO₂eq para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007, por tipo de combustible)

Combustible	Gigagramos (Miles de ton)			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Gasolina	3,864	2.04	0.68	4,511
Diesel	659	0.01	0.02	663

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

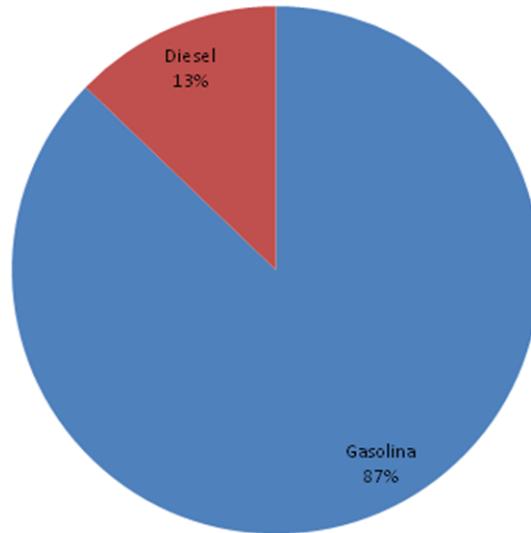
Figura 6.12 Estructura de las emisiones de GEI (CO₂eq) para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007, por modo)



Total: 5.17 Gg de CO₂ eq.

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.12.

Figura 6.13 Estructura de las emisiones de GEI (CO₂eq) para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007, por combustible)



Total: 5.17 Gg de CO₂ eq.

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.13.

La tabla 6.14 muestra las emisiones desagregadas del transporte público de pasajeros. El taxi, representa el 51% de las emisiones equivalentes de CO₂ del transporte público, el microbús casi el 8% y el autobús el 41%.

Tabla 6.14 Emisiones de GEI del transporte público de pasajeros en la ZMM (año 2007, en miles de toneladas de CO₂ equivalente)

Taxis	833	51.3%
Microbuses	126	7.8%
Autobuses	663	40.9%
<i>Subtotal públicos</i>	1,622	

Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 6.12.

La tabla 6.15 muestra una estimación de las emisiones de CO₂eq por pasajero-kilómetro. Obsérvese que el modo de transporte más eficiente en este sentido es el autobús, seguido por el Microbús.

Tabla 6.15 Estimación de emisiones de GEI por pasajero-kilómetro en la ZMM (2007)

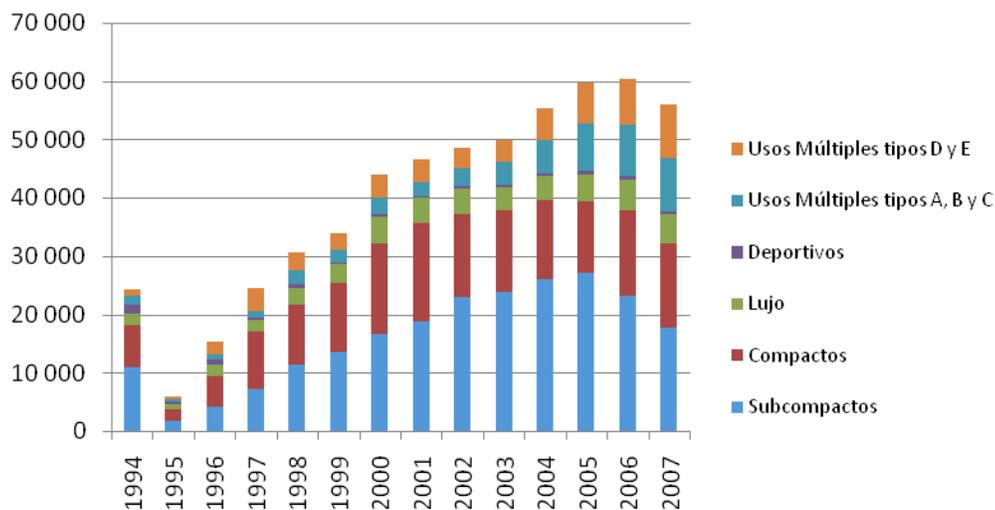
	Factor de ocupación	Veh-km (millones)	Pas-km (millones)	PJ	Energía/pas-km (kJ)	CO ₂ equivalente (Gg)	CO ₂ /pas-km (g)
Auto privado	1.8	13,454	24,218	42.22	1,743.2	3,367.61	139.1
Taxi	2	3,100	6,200	9.73	1,569.7	832.98	134.4
Microbús	20	110	2,191	1.72	784.8	126.09	57.5
Autobús	45	462	20,786	8.99	432.3	662.88	31.9
Motocicleta	1	827	827	2.65	3,203.4	184.45	223.1

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.6, 6.7, 6.8 y 6.9.

6.7. Ventas de Vehículos en la ZMM.

La tabla 6.16 y la figura 6.14 muestran las ventas por tipo de vehículo desde 1994 y hasta 2007. Se estima que la ZMM representó el 93.39% de las ventas del estado de Nuevo León, que es la proporción que muestra la ZMM con respecto al total de la entidad, de acuerdo con INEGI para los autos particulares. Recuérdese que para la construcción de los escenarios, se toma la tasa de crecimiento promedio de 1998 a 2006, y que para el auto privado se asume la misma tasa de desecho que en la ZMVM. Para el transporte público se consideran la misma estructura por edad que para 2007 y los crecimientos históricos

Figura 6.14 Ventas de vehículos por tipo en la ZMM



Fuente: INEGI (2000, 2003, 2008). Se considera el 93.39% de las ventas al mayoreo en Jalisco

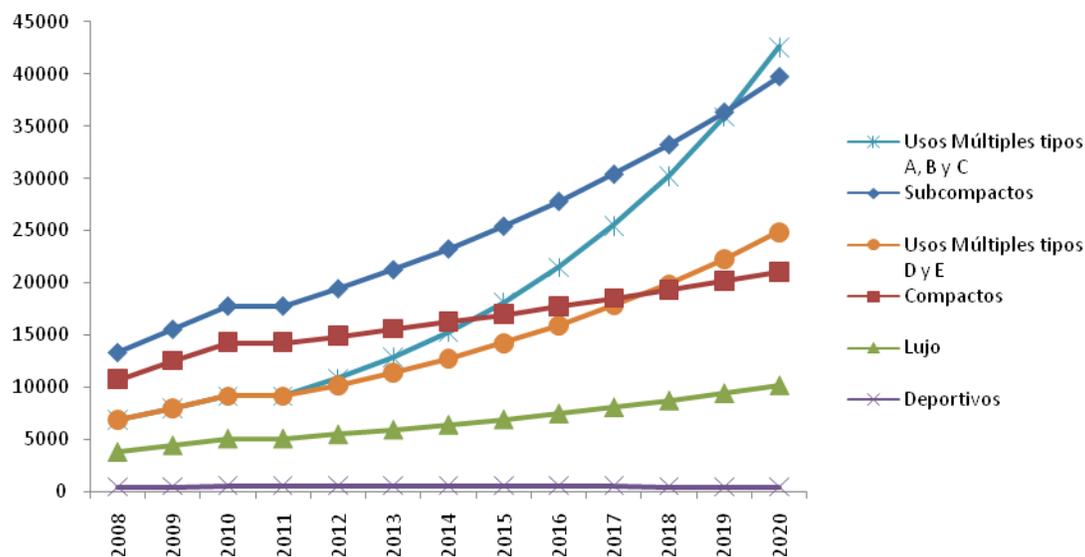
Tabla 6.16 Ventas de vehículos en la ZMM

	Subcompactos	Compactos	Lujo	Deportivos	Usos Múltiples tipos A, B y C	Usos Múltiples tipos D y E	TOTAL
1994	10 891	7 306	1 978	1 463	1 480	1 106	24 224
1995	1 694	1 982	994	354	378	578	5 980
1996	4 212	5 180	2 084	731	811	2 263	15 280
1997	7 327	9 718	2 013	419	1 175	3 760	24 412
1998	11 397	10 236	2 908	715	2 207	3 235	30 698
1999	13 507	11 913	3 174	292	2 177	2 810	33 874
2000	16 532	15 531	4 643	560	2 698	3 938	43 903
2001	18 905	16 673	4 419	278	2 404	3 892	46 572
2002	22 897	14 353	4 255	485	3 110	3 514	48 614
2003	23 858	13 974	3 842	506	3 928	3 823	49 931
2004	25 938	13 689	4 220	383	5 646	5 546	55 423
2005	27 207	12 106	4 615	620	8 102	7 022	59 672
2006	23 279	14 458	5 364	613	8 686	7 916	60 316
2007	17 806	14 245	5 109	550	9 127	9 100	55 938
TCA 1994-2007	3.85%	5.27%	7.57%	-7.25%	15.02%	17.60%	6.65%
TCA 1998-2006	9.34%	4.41%	7.95%	-1.92%	18.68%	11.83%	8.81%

Fuente: INEGI (2000, 2003, 2008). Se considera el 93.39% de las ventas al mayoreo en Jalisco

En la figura 6.15 se muestra la proyección de ventas para los años 2007 al 2020, utilizando las tasas de crecimiento anual del periodo 1998-2006. Se observa un gran aumento en la venta de vehículos de Usos Múltiples.

Figura 6.15. Estimación de ventas para vehículos particulares en la ZMM de 2008 a 2020.



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.16.

Se muestran también en esta sección (tabla 6.17) las tasas de crecimiento estimadas para el servicio de transporte público de pasajeros y para las motocicletas. Recuérdese que las tasas para el transporte público fueron estimadas con respecto a los crecimientos históricos y no con respecto a las ventas realizadas.

Tabla 6.17. Tasas anuales de crecimiento para el transporte público y motocicletas en la ZMM.

Tipo de vehículo	Tasa Anual de Crecimiento
Taxis	3.93%
Microbuses	-0.42%
Autobuses	0.98%
Motocicletas	15.78%

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, Gobierno de Nuevo León (2004) y Gobierno de Nuevo León (2008)

6.8 Planes de desarrollo de movilidad, infraestructura y vialidad en la ZMM

En el Plan Sectorial de Transporte del estado de Nuevo León, 2008-2030, el objetivo general que se plantea es el de “contar con un sistema de vialidad y transporte eficiente y competitivo con predominio de los servicios públicos sobre los privados, para todo el estado y en particular para el AMM”. Para ello se establecen, los siguientes objetivos estratégicos.

- Desarrollar los elementos básicos del sistema integral de transporte público, a partir de
 - Diseñar un nuevo modelo de una Red Troncal Metropolitana (RTM) servida por el metro y compuesta por seis corredores troncales.
 - Integrar la red troncal a seis subsistemas regionales.
 - Invertir prioritariamente en la ampliación de la Red Maestra del metro como columna vertebral de la RTM.
 - Ampliar la cobertura del Sistema Metro a través de autobuses (Trasmetro).
 - Promover un nuevo sistema de pago de servicio de transporte.
- Desarrollar un sistema amigable de transporte de personas, bienes y mercancías, que sea seguro, eficiente, ecológico y competitivo en sus distintas modalidades
- Lograr el vínculo entre necesidades de movilidad generadas por desarrollos urbanos en el AMM, y la definición de la factibilidad de servicios públicos básicos, tomando en consideración la adecuación de su infraestructura vial

6.9 Escenarios de emisión al 2020 para la ZMM

6.9.1 Escenario base para la ZMM

Bajo las suposiciones del escenario base, se obtiene para el año 2020, la flota o parque vehicular que se muestra en la tabla 6.18 y su evolución en la figura 6.16. De mantenerse las tendencias actuales, el número total de vehículos circulando en la ZMM sería de 1.90 millones para dicho año. Puede notarse que en dicho periodo se tiene un enorme aumento del 62% en la flota vehicular para transporte de pasajeros; teniéndose un mayor aumento en segmentos poco eficientes con relación al consumo de combustible, como el de las camionetas (Usos Múltiples), y también un gran aumento

de los modos pocos eficientes en relación a la relación energía/pasajero-km (transportes individualizados: autos particulares, taxis, motocicletas).

Por otro lado, de la tabla 6.19 se desprende que los vehículos más pesados (camionetas) y por tanto menos eficientes, adquieren una mayor proporción en el parque, mientras que vehículos más eficientes como los compactos y subcompactos sufren un retroceso en su participación proporcional. Como se observa, el auto privado representará el 92% del total de la flota.

Tabla 6.18 Flota vehicular de la ZMM (escenario base)

	2007	2010	2015	2020	Variación 2020/2007
Subcompactos	367,603	393,796	457,808	564,281	54%
Compactos	372,940	384,918	409,233	440,677	18%
Lujo	105,042	111,094	125,830	150,814	44%
Deportivos	43,764	41,380	36,674	31,428	-28%
Usos Múltiples A, B y C	105,538	123,814	177,409	312,899	196%
Usos Múltiples D y E	117,602	134,529	176,621	255,184	117%
Subtotal particulares	1,112,488	1,189,531	1,383,574	1,755,283	58%
Taxis	26,540	29,370	35,607	43,169	63%
Microbuses	1,001	990	969	948	-5%
Autobuses	4,218	4,328	4,544	4,772	13%
Subtotal públicos	31,759	34,687	41,120	48,889	54%
Motocicletas	28,668	36,065	56,296	101,041	252%
Total	1,172,915	1,260,283	1,480,991	1,905,213	62%

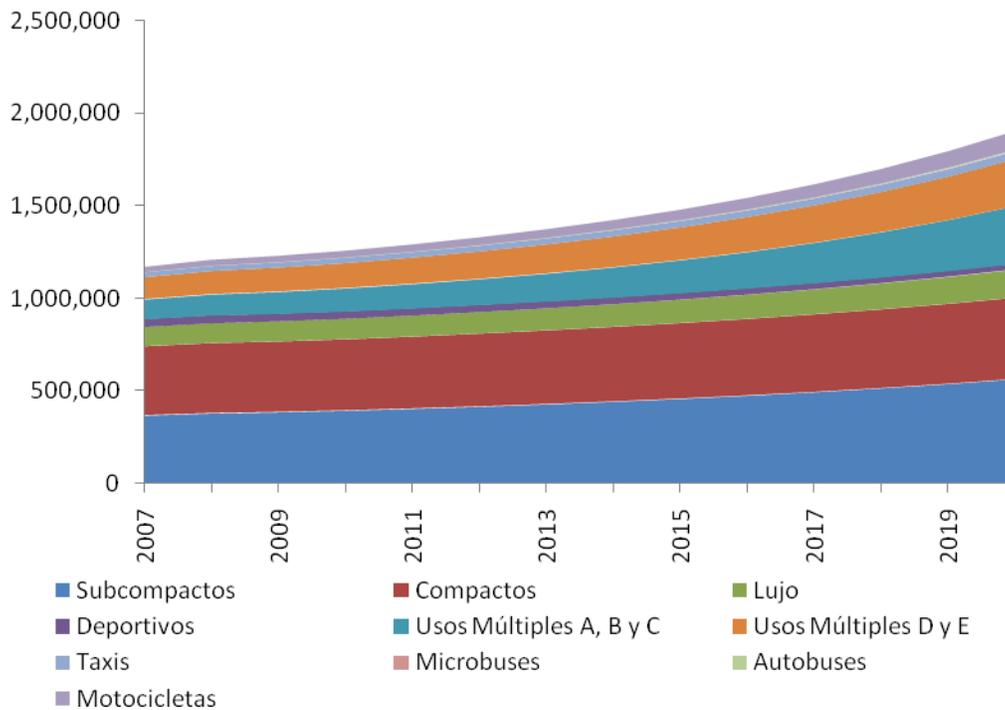
Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 6.6, 6.7, 6.16 y 6.17.

Tabla 6.19. Estructura del parque vehicular en la ZMM (escenario base)

	2007	2010	2015	2020
Subcompactos	31%	31%	31%	30%
Compactos	32%	31%	28%	23%
Lujo	9%	9%	8%	8%
Deportivos	4%	3%	2%	2%
Usos Múltiples A, B y C	9%	10%	12%	16%
Usos Múltiples D y E	10%	11%	12%	13%
Subtotal particulares	95%	94%	93%	92%
Taxis	2%	2%	2%	2%
Microbuses	0%	0%	0%	0%
Autobuses	0%	0%	0%	0%
Subtotal públicos	3%	3%	3%	3%
Motocicletas	2%	3%	4%	5%
Total	100%	100%	100%	100%

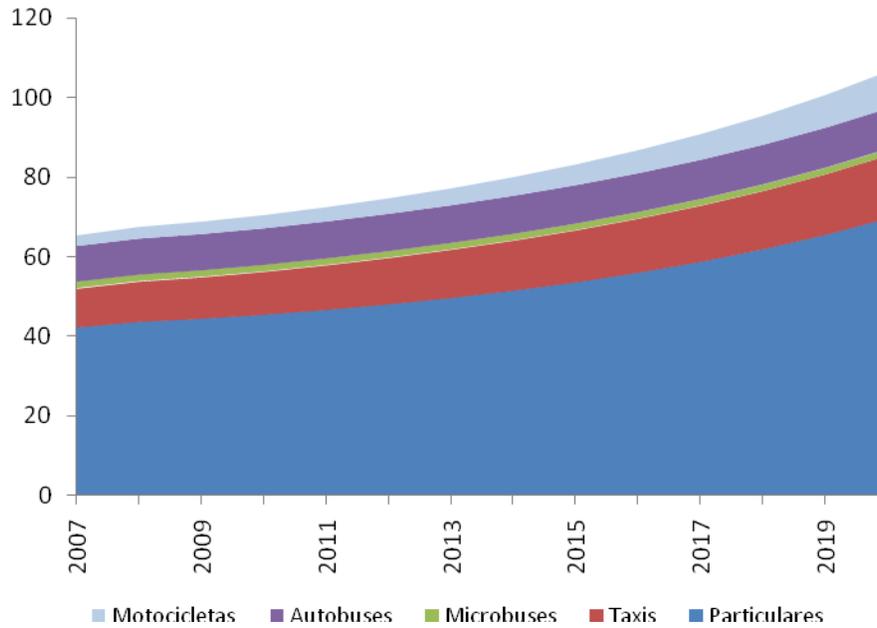
Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 6.18.

Figura 6.16. Estimación de crecimiento de la flota vehicular para transporte de pasajeros en la ZMM.



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.16, 6.17 y 6.18.

Figura 6.17. Consumo de energía por modo de transporte ZMM (escenario base)

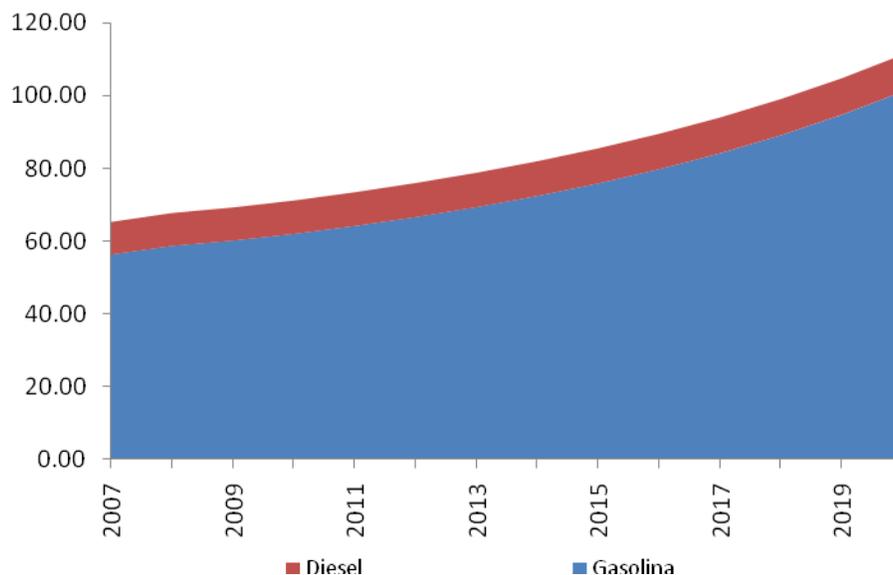


Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.16, 6.17 y 6.20.

Con respecto al consumo de energía en el año 2020 para el escenario base, se encuentra que este será de 106.6 PJ, 63.3 % más que en el año 2007. La figura 6.17 muestra el crecimiento del consumo energético por modo de transporte y la figura 6.18 por tipo de combustible. El auto particular y por tanto la gasolina, dominarán el panorama de consumo de energía para transporte en la ZMM, con el 65.3% y 90.5% del consumo, respectivamente (tabla 6.20). Obsérvese también que con las tendencias actuales, la participación del servicio público baja de 31.3% a 25.9%, en particular el autobús (diesel) que va de un 13.8% en 2007 a un 9.5% en 2020.

Por su parte, las emisiones de CO₂ equivalente para el escenario base en el año 2020 alcanzarán 8.49 Tg de CO₂ equivalente, 64% más que las emitidas en el año 2007 (tabla 6.20, tabla 6.21 y figura 6.19). Obsérvese el gran aumento (200.3%) en las emisiones de los vehículos de tipo Usos Múltiples A, B y C debido al gran crecimiento en la ventas para este segmento.

Figura 6.18. Consumo de energía por tipo de combustible ZMM (escenario base)



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6.16, 6.17 y 6.20.

Tabla 6.20 Consumo de energía por modo y combustible para el 2020, ZMM (escenario base)

Consumo energético (Petajoules)					
Tipo de vehículo	2007	2020	Variación	Estructura en 2007	Estructura en 2020
Subcompactos	10.7	16.5	53.5%	16.4%	15.5%
Compactos	10.9	12.9	18.2%	16.7%	12.1%
Lujo	4.4	6.3	43.6%	6.7%	5.9%
Deportivos	3.2	2.3	-28.2%	4.9%	2.2%
Usos Múltiples A, B y C	4.4	13.1	196.5%	6.7%	12.3%
Usos Múltiples D y E	8.6	18.6	117.0%	13.2%	17.5%
<i>Subtotal particulares</i>	<i>42.2</i>	<i>69.7</i>	<i>65.0%</i>	<i>64.6%</i>	<i>65.3%</i>
Taxis	9.7	15.8	62.7%	14.9%	14.8%
Microbuses	1.7	1.6	-5.2%	2.6%	1.5%
Autobuses	9.0	10.2	13.1%	13.8%	9.5%
<i>Subtotal públicos</i>	<i>20.4</i>	<i>27.6</i>	<i>35.2%</i>	<i>31.3%</i>	<i>25.9%</i>
Motocicletas	2.6	9.3	252.5%	4.1%	8.8%
Total	65.3	106.6	63.3%	100.0%	100.0%

Fuente: Cálculos propios con datos de las tablas 6.8, 6.9 y 6.18.

Tabla 6.21 Emisiones de GEI para el 2020 en la ZMM (escenario base).

Tipo de vehículo	Emisiones de GEI en 2007 (Gg)			Emisiones de GEI en 2020 (Gg)		
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Subcompactos	737	0.5	0.1	1,131	0.9	0.2
Compactos	748	0.5	0.2	883	0.6	0.2
Lujo	301	0.1	0.0	432	0.2	0.1
Deportivos	219	0.0	0.0	158	0.0	0.0
Usos Múltiples a,b,c,	302	0.1	0.0	896	0.5	0.1
Usos Múltiples d,e	589	0.2	0.0	1,279	0.4	0.1
<i>Subtotal particulares</i>	<i>2,896</i>	<i>1.5</i>	<i>0.5</i>	<i>4,779</i>	<i>2.7</i>	<i>0.6</i>
Taxis	668	0.5	0.1	1,086	0.9	0.2
Microbuses	118	0.0	0.0	112	0.0	0.0
Autobuses	659	0.0	0.0	745	0.0	0.0
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,445</i>	<i>0.6</i>	<i>0.1</i>	<i>1,943</i>	<i>0.9</i>	<i>0.2</i>
Motocicletas	182	0.0	0.1	640	0.0	0.4
Total	4,523	2.1	0.7	7,363	3.6	1.1

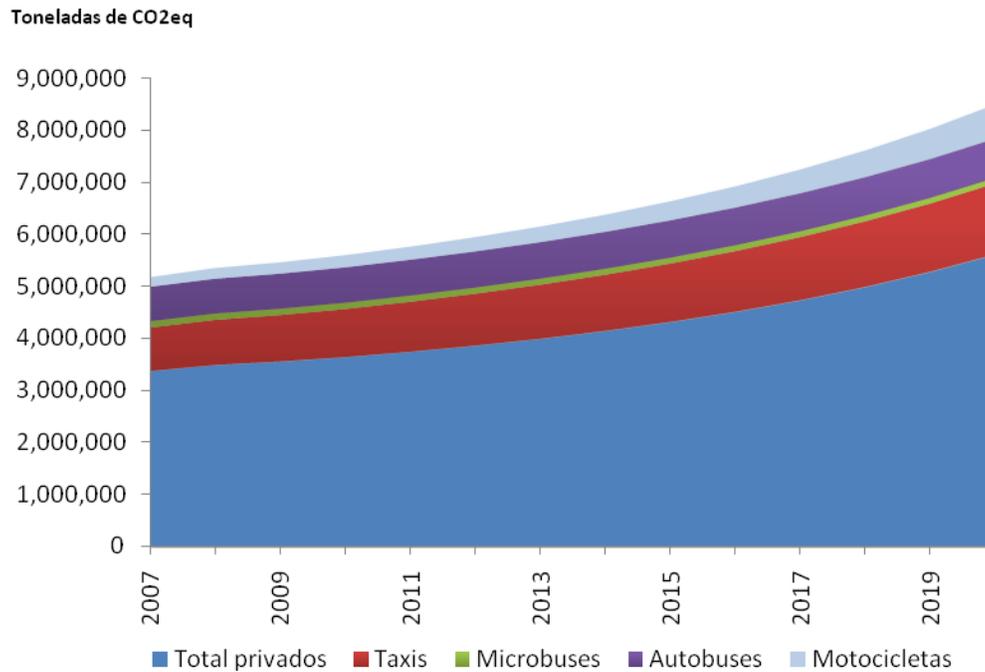
Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Tabla 6.22 Emisiones de CO₂eq para el 2020 en la ZMM (escenario base).

Tipo de vehículo	Emisiones CO ₂ equivalente (Gg eq)			
	2007	2020	Variación	TCA
Subcompactos	897	1,401	56.2%	3.5%
Compactos	901	1,088	20.7%	1.5%
Lujo	344	502	46.2%	3.0%
Deportivos	235	170	-27.5%	-2.4%
Usos Múltiples a,b,c,	349	1,049	200.3%	8.8%
Usos Múltiples d,e	641	1,402	118.8%	6.2%
<i>Subtotal particulares</i>	<i>3,368</i>	<i>5,613</i>	<i>66.7%</i>	<i>4.0%</i>
Taxis	833	1,355	62.7%	3.8%
Microbuses	126	120	-5.2%	-0.4%
Autobuses	663	750	13.1%	1.0%
<i>Subtotal públicos</i>	<i>1,622</i>	<i>2,224</i>	<i>37.1%</i>	<i>2.5%</i>
<i>Motocicletas</i>	<i>184</i>	<i>650</i>	<i>252.5%</i>	<i>10.2%</i>
Total	5,174	8,488	64.0%	3.9%

Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 6.21.

Figura 6.19. Emisiones equivalentes de CO₂, ZMM (escenario base)



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 6.22.

6.9.2 Escenarios de mitigación para la ZMM

Los resultados de los escenarios de mitigación propuestos en la sección de metodología se observan en la tabla 6.23. En la ZMM, con todas las medidas aplicadas conjuntamente, la disminución de emisiones de GEI llegarían al 16.8% respecto al escenario base. En orden de importancia, el programa del BRT proporciona una mitigación del 5.8%; el Hoy No Circula equivalente al de la ZMVM representa, para el 2020, un 4.9% por debajo de la línea base; la eficiencia en autos nuevos representa el 3.1% de mitigación; mientras que la eficiencia asociada al aumento en la velocidad representa el 3% frente al escenario base.

Con respecto al escenario de mitigación por cambio de modalidad, se reportan en la tabla 6.24 las condiciones de aplicación de este escenario. Para el caso de que autobuses (BRT) con una capacidad de 60 pasajeros sustituyan a microbuses con capacidad de 20 pasajeros, se obtiene como resultado que, en el año 2020, se pueda retirar de circulación 597 microbuses para sustituirlos por 199 autobuses tipo BRT más eficientes desde el punto de vista de las emisiones de CO₂eq/pasajero-

km. Para este escenario de cambio de modalidad, la flota de microbuses en la ZMM en el año 2020 llega a ser de 351 unidades, en comparación con las 948 del escenario base.

Tabla 6.23 Emisiones de CO₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI, ZMM al año 2020 (Teragramos de CO₂eq)

	Base 2007	Base 2020	Eficiencia autos nuevos 2020	BRT 2020	Eficiencia velocidad 2020	Hoy No Circula 2020
Provenientes del CO₂						
Privados	2.8963	4.7790	4.6247	4.3967	4.3987	4.4310
Taxis	0.6677	1.0860	1.0279	1.0860	0.9950	1.0860
Microbuses	0.1180	0.1118	0.1118	0.0415	0.1118	0.1035
Autobuses	0.6589	0.7454	0.7454	0.7764	0.7454	0.7428
Motocicletas	0.1817	0.6403	0.5986	0.6403	0.5986	0.6403
Total	4.5226	7.3625	7.1084	6.9409	6.8496	7.0036
Provenientes del CH₄						
Privados	0.0101	0.0119	0.0119	0.0110	0.0119	0.0109
Taxis	0.0020	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032
Microbuses	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
Autobuses	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004
Motocicletas	0.0023	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
Total	0.0148	0.0235	0.0235	0.0226	0.0235	0.0225
Provenientes del N₂O						
Privados	0.4612	0.8223	0.8223	0.7565	0.8223	0.7628
Taxis	0.1634	0.2657	0.2657	0.2657	0.2657	0.2657
Microbuses	0.0080	0.0076	0.0076	0.0028	0.0076	0.0070
Autobuses	0.0036	0.0040	0.0040	0.0042	0.0040	0.0040
Motocicletas	0.0005	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
Total	0.6367	1.1015	1.1015	1.0311	1.1015	1.0414
Teragramos de CO₂eq						
TOTAL	5.17	8.49	8.23	7.99	7.97	8.07
Diferencia (Tg)			-0.25409	-0.49300	-0.25965	-0.42006
Diferencia (%)			-2.99%	-5.81%	-3.06%	-4.95%

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Se presentan además, los resultados de cada escenario de mitigación con relación al acumulado de emisiones de CO₂eq para el periodo 2007-2020 (tabla 6.25) y su evolución (figura 6.20).

Es importante nuevamente, como en el caso de la ZMG, hacer la distinción entre el beneficio que nos da un determinado escenario de emisión al hacer la comparación sólo entre los años 2020 y 2007, y el beneficio que puede acumular dicho escenario para el total del periodo 2007-2020. Así, si

ahora se observan las emisiones de CO₂eq acumuladas, tenemos las siguientes reducciones de CO₂eq: El Hoy No Circula reporta una diferencia de 4.31% con respecto al escenario base; el aumento de eficiencia debido al aumento de velocidad de circulación, nos da un 2.53% menos; el BRT, 2.05%; y finalmente, la mayor eficiencia en autos nuevos se traduce en un 1.04% por debajo del escenario base. Todos los escenarios juntos arrojan una mitigación del 9.93%. Obsérvese además que el orden de importancia de los escenarios de mitigación de la ZMM es diferente al caso de la ZMG.

Tabla 6.24 Consideraciones para escenario de incremento de autobús tipo BRT para la ZMM

	U. Medida	2010	2015	2020
% autos en el programa de reducción	%	1.0%	5.5%	10.0%
% de disminución de kilómetros	%	10%	45%	80%
Veh-km escenario base (auto privado)	Millones	11,072	12,878	16,337
Diferencia en pas-km que absorbe BRT	Millones	11	319	1307
Incremento de Veh-km de autobús urbano (BRT)	Millones	0.18	5.31	21.78
Autobuses para BRT	unidades	2	49	199
Sustitución de microbuses antiguos	unidades	5	146	597

F.O. BRT 60 pasajeros; km anuales de transporte urbano 109,500 (300 km diarios*365 días al año)

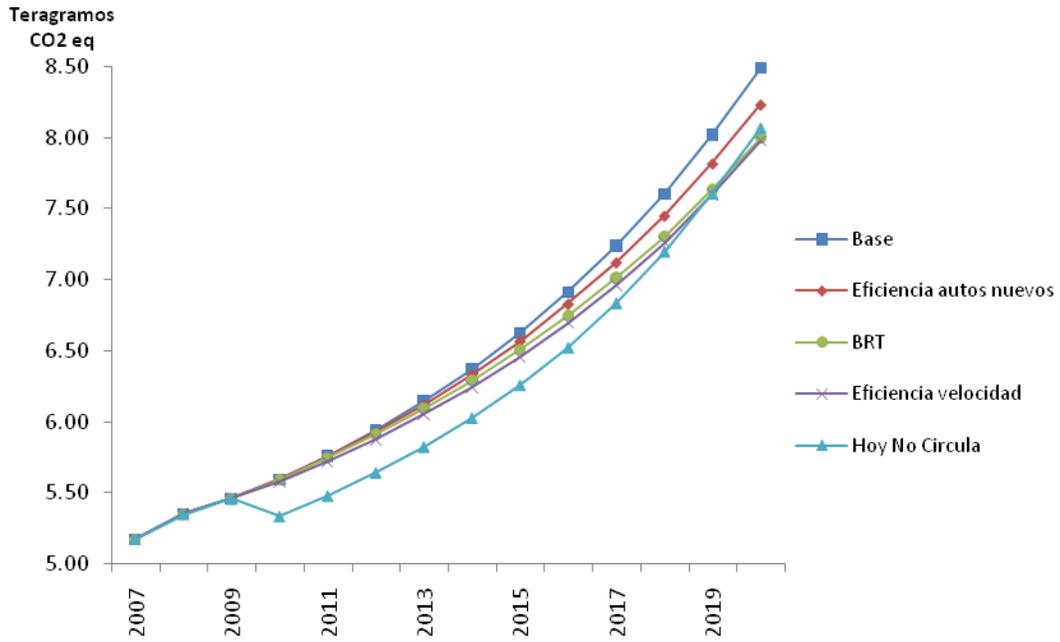
Fuente: Cálculos propios con datos de la tabla 6.8 y 6.18.

Tabla 6.25 Emisiones acumuladas de CO₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI, ZMM al año 2020 (Teragramos de CO₂eq)

	Base 2007	Base 2020	Eficiencia autos nuevos 2020	BRT 2020	Eficiencia velocidad 2020	Hoy No Circula 2020
Teragramos de CO₂eq						
TOTAL	5.17	90.68	89.73	88.82	88.38	86.77
Diferencia (Tg)			-0.94561	-1.85684	-2.29640	-3.90641
Diferencia (%)			-1.04%	-2.05%	-2.53%	-4.31%

Fuente: Cálculos propios; metodología IPCC (1996).

Figura 6.20 Evolución de los escenarios base y de mitigación para la ZMM



Fuente: Estimación propia con datos obtenidos con la metodología IPCC (1996).

CAPÍTULO 7

7. Comparación de las dos zonas metropolitanas

De nuestras dos zonas metropolitanas, la ZMG es la más poblada y la que tiene una mayor densidad de población urbanizada. La tabla 7.1 muestra las características físicas y demográficas de las dos regiones. La ZMG tiene una población 10% mayor en una superficie urbanizada 23% menor, ocasionando una diferencia de 41.83% en la densidad de población urbana.

Tabla 7.1 Características físicas y demográficas de las dos zonas metropolitanas (2005)

	Extensión territorial	Extensión territorial urbanizada	Población	Densidad de población (urbanizada)
	km ²	km ²	habitantes	hab/km ²
ZMG	2,733.3	550.3	4,095,853	7,442.50
ZMM	6,684.1	712.4	3,738,077	5,247.40
Total	9,417.4	1,262.7	7,833,930	6,204.11

Fuente: Datos del INEGI

Sin embargo, a pesar de tener la ZMG mayor población y densidad de población, en las dos zonas metropolitanas circulan casi la misma cantidad de vehículos de transporte de pasajeros, siendo incluso un tanto mayor en la ZMM¹. Además, esta diferencia se acentuará para el 2020, pasando de una diferencia en la flota total de 2.7% en 2007, a una diferencia del casi 9% en 2020. Obsérvese (tabla 7.2) que en los únicos modos en los que la ZMG aventaja a la ZMM son el de los Microbuses/Midibuses y el de las motocicletas, tanto para el año 2007 como para el 2020. El número de autos privados de las dos zonas pasará de 2.3 millones a 3.6 millones, de los cuales los vehículos de la ZMM pasarán a representar del 50.7% en 2007 al 52.1% del total en 2020.

¹ Recuérdese que los datos históricos han mostrado la fuerte dependencia entre la tenencia de vehículos y el Producto Interno Bruto: cuanto mayor es el PIB per cápita en una región, mayor es el índice de vehículos per cápita. Según cálculos propios, basados en datos del año 2000 obtenidos de CONAPO, el PIB per cápita promedio para la ZMM fue en ese año de 12,607 dólares, mientras que para la ZMG fue de 7,307 dólares (42% menor).

Tabla 7.2 Número de vehículos para las dos zonas metropolitanas

	Autos privados		Taxis		Microbuses/Midibuses		Autobuses urbanos		Motocicletas	
	2007	2020	2007	2020	2007	2020	2007	2020	2007	2020
ZMG	1,038,221	1,450,588	11,702	12,850	2,503	3,081	2,518	3,098	87,216	279,212
ZMM	1,112,488	1,755,283	26,540	43,169	1,001	948	4,218	4,772	28,668	101,041
Total	2,150,709	3,205,871	38,242	56,019	3,504	4,029	6,736	7,870	115,884	380,252

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.19 y 6.18.

De acuerdo con la información disponible, el recorrido de los vehículos en las dos zonas se muestra en la tabla 7.3. Se puede ver que a pesar de ser muy semejantes las flotas vehiculares de autos particulares en el 2007, su recorrido total es mucho más alto en la ZMG que en la ZMM; y ello es debido a la diferencia entre las actividades diarias (km/día) de las zonas. Bajo estas consideraciones y el rendimiento vehicular constante e igual al de la ZMVM, el consumo de energía para transporte de pasajeros pasará de 154.70 PJ para las dos zonas a 227.66 PJ (tabla 7.4). En el 2020, la ZMG, representará casi el 58% del consumo; la ZMM, el 42% restante.

Tabla 7.3 Distancia recorrida por modo y por zona (en millones de km)

	Total (10 ⁶ km)	Autos privados	Taxis	Microbuses	Autobuses	Motocicletas
ZMG	21,483	82.9%	2.2%	1.6%	1.6%	11.7%
ZMM	14,852	69.7%	20.9%	0.7%	3.1%	5.6%

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.9, 5.19, 6.8 y 6.18.

Tabla 7.4 Consumo de energía para las dos zonas metropolitanas (en PJ)

	2007			2020		
	Gasolina	Diesel	Total	Gasolina	Diesel	Total
ZMG	82.70	12.70	95.40	131.21	15.63	146.84
ZMM	56.32	8.99	65.30	96.45	10.16	106.62
Total	139.01	21.69	160.70	227.66	25.80	253.45

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.21 y 6.20.

Con respecto a las emisiones contaminante, en la tabla 7.5 se muestran de forma agregada las emisiones de CO₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de las dos zonas metropolitanas.

Las emisiones de CO₂ equivalente pasarán de 12.63 Tg en 2007 a 19.96 Tg en 2020, para el escenario base. Para los escenarios de mitigación los resultados muestran que la eficiencia en autos nuevos (que sólo implica mejorar el rendimiento vehicular total en 10% de forma gradual de 2012 a 2020), representará una disminución de 0.57 Tg de CO₂eq para las dos zonas metropolitanas en conjunto, el 2.85%; mientras que la implementación moderada de sistemas BRT en las tres zonas (implica que para el 2020 el 10% de la flota de vehículos deje de recorrer el 80% de su distancia diaria, además de la disminución de microbuses/midibuses y el aumento de autobuses), representa una reducción de 1.16 Tg de CO₂eq, el 5.8% de las emisiones del escenario base. El aumento del 10% en la velocidad de circulación de la flota de autos privados (3.2 km/hr de aumento para 2020) representa 1.16 Tg de CO₂eq, es decir el 5.8% menos que las emisiones del escenario base. Finalmente un programa semejante al Hoy No Circula de la ZMVM, reporta para el 2020, una diferencia de 1.18 Tg menos de CO₂eq, es decir, el 5.89% menos sobre la línea base.

Tabla 7.5 Escenarios base y de mitigación de las dos zonas metropolitanas
Tg de CO₂ equivalente

	BASE 2007	BASE 2020	Eficiencia autos nuevos 2020	BRT 2020	Eficiencia- velocidad 2020	Hoy No Circula 2020
ZMG						
Privados	5.833	8.386	8.188	7.715	7.860	7.698
Taxis	0.126	0.139	0.132	0.139	0.129	0.137
Midibuses	0.443	0.545	0.545	0.545	0.545	0.521
Autobuses	0.495	0.609	0.609	0.609	0.609	0.568
Motocicletas	0.561	1.796	1.686	1.796	1.686	1.796
Total	7.458	11.474	11.160	10.804	10.828	10.719
ZMM						
Privados	3.368	5.613	5.459	5.164	5.233	5.205
Taxis	0.833	1.355	1.297	1.355	1.264	1.355
Microbuses	0.126	0.120	0.120	0.044	0.120	0.111
Autobuses	0.663	0.750	0.750	0.781	0.750	0.747
Motocicletas	0.184	0.650	0.608	0.650	0.608	0.650
Total	5.174	8.488	8.233	7.995	7.975	8.068
TOTAL						
	12.63	19.96	19.39	18.80	18.80	18.79
Diferencia (Tg)			-0.57	-1.16	-1.16	-1.18
Diferencia (%)			-2.85%	-5.83%	-5.81%	-5.89%

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.24 y 6.23.

Finalmente, en la tabla 7.6 se muestran los potenciales de mitigación para el periodo 2007-2020. Los resultados muestran que, aplicados conjuntamente para las dos zonas metropolitanas, los escenarios de mitigación tienen un potencial de mitigación de 23 Tg de CO₂eq, es decir, una reducción del 10.58% con respecto a la línea base. Vemos que por mucho, la aplicación en la ZMG y en la ZMM de un programa como el Hoy No Circula de la ZMVM, sería el más importante para tal fin, aportando casi la mitad de las reducciones potenciales.

Tabla 7.6 Potenciales de mitigación para los escenarios base y de mitigación de las dos zonas metropolitanas Tg de CO₂ equivalente. Acumulado 2007-2020.

	BASE	BASE	Eficiencia autos nuevos	BRT	Eficiencia- velocidad	Hoy No Circula
	2007	2020	2020	2020	2020	2020
ZMG	7.46	126.77	125.57	124.16	123.75	119.61
ZMM	5.17	90.68	89.73	88.82	88.38	86.77
TOTAL	12.63	217.45	215.30	212.98	212.13	206.39
Diferencia (Tg)			-2.15	-4.47	-5.32	-11.06
Diferencia (%)			-0.99%	-2.06%	-2.45%	-5.09%

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 5.26 y 6.25.

CAPÍTULO 8

8. Conclusiones.

De continuar las tendencias actuales en el crecimiento de las flotas vehiculares en la ZMG y la ZMM, el consumo energético y las emisiones de GEI relativos al transporte de pasajeros presentarán un serio problema en el 2020. En la actualidad existe una flota importante de vehículos particulares (90% del total) en dichas zonas: poco más de 1 millón para la ZMG y poco más de 1.1 millones para la ZMM, pero para el 2020 las cifras llegarán a 1.45 millones y 1.75 millones respectivamente; un aumento de alrededor del 50% en sólo trece años.

Las tasas de crecimiento de los autos particulares (en especial de autos poco eficientes como los Usos Múltiples) y las motocicletas superan por mucho a las del transporte público, ocasionando que el transporte público pierda en el 2020 terreno frente al transporte privado. Ello es de consideración, pues el transporte público presenta una eficiencia mucho mayor en términos de CO₂ emitido por pasajero-km (en especial los autobuses, con una eficiencia alrededor de 4 veces mayor que el auto particular)

Así, el consumo energético que en 2007 fue de 154.7 Petajoules (del cual el 87% fue de gasolina), llegará a 253.5 PJ en 2020; un aumento del 64% para las dos zonas metropolitanas en conjunto. Los resultados muestran también que bajo el escenario tendencial, las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía del sector transporte en las dos zonas metropolitanas pasarán de 12.63 Tg en 2007 a 19.96 Tg de CO₂ equivalente en 2020. Aún más, este aumento bien pudiera ser mayor, pues no se espera únicamente que aumente desmedidamente la flota vehicular, su consumo energético y las emisiones de GEI, sino que también es coherente prever el agravamiento del congestionamiento vial y la consiguiente reducción de la velocidad de circulación. Problema que ocasiona pérdida de rendimiento de combustible y cuya evolución no han sido considerada en los cálculos de este trabajo.

De la situación anterior se desprende que no sólo es conveniente sino necesario, establecer medidas para mitigar el consumo energético desmedido y sus emisiones de GEI asociados al sector de transporte de pasajeros en las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey; en particular para el caso del transporte privado (autos y motos) que representaron para 2007 en 85% y 69% de las emisiones de GEI para la ZMG y la ZMM, respectivamente.

Observando los resultados de los escenarios de mitigación, se concluye que un programa como el Hoy No Circula de la ZMVM es el que presenta mejores resultados de atenuación de emisiones de GEI, pues representa, bajo nuestras hipótesis, el 48.1% de los beneficios de la aplicación conjunta de los cuatro escenarios. Ello ocurre debido a que al entrar en operación un programa de estas características, inmediatamente la mayoría de la flota vehicular deja de circular un día la semana. El impacto que la actividad vehicular tiene sobre el consumo energético y sobre las emisiones de GEI también pudo constatarse en la presente tesis al encontrar que, a pesar de ser mayor el parque vehicular de la ZMM que el de la ZMG en cualquier año, el consumo energético y las emisiones contaminantes fueron siempre mayores en esta última metrópoli debido a su mayor actividad vehicular.

Cosa diferente ocurre con los otros escenarios de mitigación, pues su aplicación ocurre de forma gradual desde 2010 hasta 2020. Dentro de estos escenarios el de mejor resultado es el del aumento en la eficiencia asociado a una mayor velocidad de circulación, con un 23.1% de participación en las reducciones acumuladas para el periodo 2007-2020. A pesar de que este escenario evoluciona de manera gradual, sus beneficios (mayor velocidad de circulación) se dejan sentir para toda la flota vehicular.

Los escenarios con menores beneficios fueron el aumento de BRT y la mayor eficiencia para autos nuevos, con el 19.5% y el 9.3%, respectivamente. Sin embargo, el resultado del escenario de aumento de velocidad no fue mucho mayor al del BRT, pues éste tiene el beneficio doble de dejar automóviles privados en casa, por un lado, y de sustituir autobuses menos eficientes (microbuses y midibuses) por otro menos contaminantes y energéticamente más eficientes (en términos de joules/pasajero-km), por el otro. En último término queda el escenario de mayor eficiencia para autos nuevos por el hecho de que el número de unidades nuevas es relativamente escaso con relación al total de la flota, sin embargo es un beneficio que no se soslaya.

Se concluye también, que los beneficios obtenidos de la aplicación conjunta de los escenarios de mitigación no son nada despreciables. El potencial de los cuatro escenarios de mitigación para el periodo 2007-2020, será de cerca de 23 millones de toneladas (Tg) de CO₂ equivalente, lo que representa el 10.6% de las emisiones del escenario base acumuladas en el periodo; o en otros términos, representa todas las emisiones del 2020 de la línea base y un 15% más; o de otra manera, casi el total de las emisiones de 2007 y 2008. Un beneficio considerable.

Anexo 1

Información base de la ZMG y de la ZMM.

A.1.1 Zona Metropolitana de Guadalajara.

Las principales fuentes de información consultadas para construir los escenarios de la ZMG fueron el INEGI, información del portal web del Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT) de Jalisco, el reporte sobre la implementación del BRT en la ZMG (Gobierno de Jalisco, 2008), y (Melgar y Asociados, 2008).

La tabla A.1.1.1 muestra la información del parque vehicular según la fuente. Las tablas A.1.1.2 y A.1.1.3 muestran la flota por municipio de acuerdo con el INEGI. En las tablas se presenta en **negritas** la información utilizada. La tabla A.1.1.4 lo hace para edad del parque y la A.1.1.5 para recorrido diario.

Por otro lado la figura A.1.1.1 muestra el parque vehicular para 1997 de acuerdo con el *Proyecto de Integración y Modernización del Transporte Público en Guadalajara, Jalisco. Memorandum Técnico 1. 1997*. De esta fuente se obtuvo la cantidad de Taxis (Automóviles de Servicio Público) en dicho año para estimar la tasa decrecimiento de esta flota. La figura A.1.1.2 exhibe el recorrido promedio diario, de acuerdo con la misma fuente. Finalmente, en la figura A.1.1.3. se detallan las empresas de transporte público; datos que fueron útiles, tanto para estimar la proporción de autobuses y midibuses, como para la tasas de crecimiento de estas flotas.

Tabla A.1.1.1 Parque vehicular en la ZMG (2007)

Fuente	Auto particular	Camiones para pasajeros*	Autobuses	Automóviles Públicos (Taxis)
INEGI*	1,038,221	5,021	2,518**	11,702
Melgar***	981,193		2,699	
Gobierno de Jalisco, 2008b		5,000		

* INEGI, 2009.

*En camiones de pasajeros el INEGI no se especifica diferencia entre midibús y autobús. Incluye autobuses interestatales.

** El número de autobuses se obtiene mediante la proporción (49.86%) de autobuses en 1997 con respecto al total de camiones de pasajeros obtenida de (CEIT, 1997).

*** Datos agregados del estado de Jalisco.

Tabla A.1.1.2 Parque vehicular de automóviles por municipio ZMG (2007)

Municipio	Total	Oficiales	Particulares	Públicos
Jalisco	1,379,946	4,172	1,360,790	14,984
Guadalajara	532,576	4,040	520,901	7,635
Ixtlahuacán de los Membrillos	3,074		3,060	14
Juanacatlán	2,144		2,139	5
El Salto	10,077		10,077	
Tlajomulco de Zúñiga	9,935		9,823	112
Tlaquepaque	86,063	9	85,063	991
Tonalá	58,755	9	58,159	587
Zapopan	351,399	42	348,999	2,358
ZMG			1,038,221	11,702

Fuente: INEGI, 2009.

Tabla A.1.1.3 Parque vehicular de autobuses por municipio ZMG (2007)

Municipio	Camiones para pasajeros	Camiones para pasajeros	Camiones para pasajeros	Camiones para pasajeros
	Total	Oficiales	Particulares	Públicos
Jalisco	10,531	86	4,341	6,104
Guadalajara	4,363	85	1,235	3,043
Ixtlahuacán de los Membrillos	32		27	5
Juanacatlán	31		31	
El Salto	180		178	2
Tlajomulco de Zúñiga	140		111	29
Tlaquepaque	813		225	588
Tonalá	248		83	165
Zapopan	1,779		590	1,189
ZMG	7,586	85	2,480	5,021

Fuente: INEGI, 2009.

Tabla A.1.1.4 Distribución por edad del parque vehicular ZMG (2007)*

AÑO MODELO	AUTOMÓVILES	TAXIS	MIDIBUSES	AUTOBUSES
1992 y anteriores	207,328	0	0	635
1993 a 2000	308,429	2,497	1,214	755
2001 a 2007	522,464	9,205	1,289	1,127
Totales	1,038,221	11,702	2,503	2,518

* Obtenida con las proporciones de Melgar, 2008. Para taxis y midibuses de aplica una edad máxima de 12 años.

Tabla A.1.1.5. Recorrido anual por modo de transporte en la ZMG (2007)

Modo	Recorrido promedio [km/día]	Días/año
Auto privado	47	365
Taxi	110	365
Midibús	375	365
Autobús	375	365

Fuente: CEIT. Cita a: Plan Maestro de Vialidad de Guadalajara. Consejo Metropolitano de Guadalajara. Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Vialidad y Transporte y Secretaría de desarrollo Urbano, febrero 1998. Fuente: COESE y SEMARNAP

Figura A.1.1.1 Parque vehicular en la ZMG (1997)

Tipo		Número	Porcentaje Total
Servicio privado			
	Automóviles	494,195	66.3%
	Vehículos de carga	193,745	26.0%
	Omnibus y minibús	3,314	0.4%
	Vehículos sin canje	54,519	7.3%
	Total servicio privado	745,773	97.8%
Servicio público			
	Automóviles	10,866	65.8%
	Vehículos de carga	959	5.8%
	Omnibus y minibús	2,768	16.8%
	Vehículos sin canje	1,912	11.6%
	Total servicio público	16,505	2.2%
Total Vehículos registrados		762,278	

Registro vehicular por tipo de vehículo en la ZMG

Tabla 3

Fuente: Plan Maestro de Vialidad, Consejo Metropolitano de Guadalajara, Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Vialidad y Transporte (SVT) y Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), Febrero, 1998.

Fuente: Secretaría de Finanzas y Secretaría de Vialidad y Transporte

Fuente: Proyecto de Integración y Modernización del Transporte Público en Guadalajara, Jalisco. Memorandum Técnico 1.

Figura A.1.1.2 Recorrido vehicular en la ZMG (1997)

Tipo de vehículo	Vehículos		Kms. de Recorrido		Total veh Kms.de recorrido		% de todos los veh-Kms.
	Cantidad	% de todo	Por veh/día	Por año	Por veh/día	Por año	
Autos particulares	513,337	67.3%	47	17,300	24,330,767	8,880,730,100	66.1%
Pick-up de gasolina	169,972	22.3%	36	13,000	6,053,797	2,209,636,000	16.4%
Taxis	10,300	1.4%	110	40,000	1,128,767	412,000,000	3.1%
Pick-up	1,524	0.2%	27	10,000	41,753	15,240,000	0.1%
Autobuses urbanos y suburbanos	6,860	0.9%	375	137,000	2,574,849	939,820,000	7.0%
Camiones de carga	32,775	4.3%	68	25,000	2,244,863	819,375,000	6.1%
Otros	27,440	3.6%	16	6,000	451,068	164,640,000	1.2%
Total	76,208	100%	48	17,635	36,825,866	13,441,441,100	100.0%

Recorrido promedio diario y anual de vehículos que circulan en la ZMG (1996)

Tabla 5

Plan Maestro de Vialidad, Consejo Metropolitano de Guadalajara, Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Vialidad y Transporte (SVT) y Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), febrero 1998
Fuente: COESE y SEMARNAP

Fuente: Proyecto de Integración y Modernización del Transporte Público en Guadalajara, Jalisco. Memorándum Técnico 1.

Figura A.1.1.3 Empresas de transporte público ZMG (1997)

Empresa	Tipo de Vehículo	Número de Rutas	Número de Vehículos	Kilómetros de Rutas
Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR)	Tren Ligero	2	48	24
Sistema Auxiliar de Transferencias (SAE)	Autobús	7	27	
Sistema de Transporte Colectivo de la Zona Metropolitana de Guadalajara (Sistecozome)	Trolebús	5	60	22.3
	Autobús	4	200	
	Minibús	79	1,865	
Servicios y Transportes (SyT)	Autobús	25	500	
Alianza de Camioneros de Jalisco	Autobús	70	1,200	
	Minibús		250	
Empresas de Características Especiales	Autobús	7	200	
SITRA	Minibús	1		
Total		199	4350	46.3

Fuente: Proyecto de Integración y Modernización del Transporte Público en Guadalajara, Jalisco. Memorándum Técnico 1.

A.1.2 Zona Metropolitana de Monterrey.

Las principales fuentes de información consultadas para construir los escenarios de la ZMM fueron el INEGI, el Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030 (Gobierno de Nuevo León, 2009), el Anteproyecto del Plan Urbano de la Zona Conurbada de Monterrey (Gobierno de Nuevo León, 2008) y la base de datos Melgar (2008).

La tabla A.1.2.1 muestra la información de parque vehicular de acuerdo con las diversas fuentes. En **negritas** se muestra la información tomada como base (para el caso del transporte público, se le sumará las cifras del INEGI para los municipios no considerados en las fuentes originales). Asimismo las tablas A.1.2.2. y A.1.2.3 muestran la información del INEGI del parque vehicular por municipio.

Tabla A.1.2.1 Parque vehicular en la ZMM (2007)

Fuente	Auto particular	Autobús	Microbús	Taxis
INEGI*	1,112,488	13715**		24 225
Melgar***	983,957	4945		
Gobierno de Nuevo León, 2008	1,211,271****	3988	946	28578
Gobierno de Nuevo León, 2008*****				26276

* INEGI, 2009.

**Estadística de camiones de pasajeros en el INEGI. Incluye autobuses interestatales. No se distingue entre microbús y autobús; la proporción correspondiente será obtenida de Gobierno de Nuevo León, 2008.

*** Datos agregados del estado de Nuevo León.

****No se especifica si todos son de transporte de pasajeros.

***** Establece que solo están en operación 26,276 de las 28,578 concesiones de taxis.

Tabla A.1.2.2 Parque vehicular de automóviles por municipio ZMM (2007)

Municipio	Automóviles			
	Total	Oficial	Público	Particular
Nuevo León	1 221 716	2 847	24 558	1 194 311
Apodaca	71 844	84	1 598	70 162
Cadereyta Jiménez	21 135	38	122	20 975
García	4 773	46	27	4 700
San Pedro Garza García	91 834	72	1 285	90 477
Gral. Escobedo	49 863	115	1 229	48 519
Guadalupe	213 133	269	6 147	206 717
Juárez	13 665	46	245	13 374
Monterrey	406 574	1 606	5 580	399 388
Salinas Victoria	2 877	5	27	2 845
San Nicolás de los Garza	194 873	91	5 899	188 883
Santa Catarina	53 561	48	1 951	51 562
Santiago	15 059	58	115	14 886
ZMM	1 139 191	2 478	24 225	1 112 488

Fuente: INEGI, 2009.

Tabla A.1.2.3 Parque vehicular de autobuses por municipio ZMM (2007)

	Camiones de pasajeros			
	Total	Oficial	Público	Particular
Estado	15 047	100	14 053	894
Apodaca	1 234	5	1 193	36
Cadereyta Jiménez	203	6	173	24
García	141	0	127	14
San Pedro Garza García	596	6	547	43
Gral. Escobedo	884	0	848	36
Guadalupe	2 487	3	2 404	80
Juárez	278	0	265	13
Monterrey	4 574	43	4 235	296
Salinas Victoria	56	0	49	7
San Nicolás de los Garza	2 813	1	2 669	143
Santa Catarina	1 189	0	1 142	47
Santiago	92	4	63	25
ZMM	14 547	68	13 715	764

Fuente: INEGI, 2009.

La tabla A.1.2.4 a su vez informa de la estimación del parque vehicular por edad de acuerdo a diversas fuentes. Para el presente estudio se utiliza la proporción de Melgar para auto privado y la información de Gobierno de Nuevo León, 2009 para transporte público. Asimismo se presentan las figuras A.1.2.1 y A.1.2.2 que muestran la edad del parque vehicular.

Tabla A.1.2.4 Distribución por edad del parque vehicular ZMM (2007)

AÑO MODELO	AUTOMÓVILES	TAXIS	MICROBUSES	AUTOBUSES
1992 y anteriores	227,454	0	0	0
1993 a 2000	352,541	6,672	659	378
2001 a 2007	532,493	19,868	341	3,840
<i>Totales</i>	<i>1,112,488</i>	<i>26,540</i>	<i>1,001</i>	<i>4,218</i>

Fuentes: Para auto privado, cálculos propios obtenida con las proporciones derivadas de Melgar, 2008.
Para transporte público, Gobierno de Nuevo León, 2009.

La tabla A.1.2.5 muestra información de Gobierno de Nuevo León, 2008, de la que puede inferirse el recorrido diario por cada vehículo. Sin embargo, para el caso del automóvil privado es evidente que hay un error de un orden de magnitud pues no es creíble que el recorrido diario sea de 2 kilómetros. Por ello, para este caso de toma la longitud promedio de viaje y se multiplica por el

número de viajes que se reportan en Gobierno de Nuevo León, 2009. En negritas se muestra la información utilizada.

Vale la pena mencionar un estudio reciente del Instituto Nacional de Ecología, *Resultados del estudio sobre emisiones y características vehiculares en la Zona Metropolitana de Monterrey, México DF.* (INE, 2008), que realiza una investigación de una muestra de vehículos y cuyo resultado es que los vehículos particulares circulan 90 km diarios y las camionetas o *Vans*, 60 km diarios. Sin embargo, si se toma este recorrido diario, el consumo de gasolina resultaría en 144.97 PJ para el año 2007, 2.58 veces más que lo que reportó la gerencia de ventas de PEMEX para 2006 para el AMM (tabla A.1.2.6) por esta razón, esta fuente no se considera.

Tabla A.1.2.5. Recorrido anual por modo de transporte, ZMM (2007)

Modo	Número de vehículos	Longitud diaria (km)	Longitud promedio de viaje	Velocidad promedio	Recorrido diario por vehículo	Número de viajes diarios*	
Vehículos particulares	1,211,271	2,596,631	17	28	2.1	1.5	25.5
Taxis	28,578	9,144,960	9	28	320		
Metro	40	19,139	14	36	478		
Transporte público - autobuses	3,988	1,196,400	14	19	300		
Transporte público - microbuses	946	283,800	14	19	300		

* Información de Gobierno de Nuevo León, 2008 con excepción de este dato que proviene del Gobierno de Nuevo León, 2009

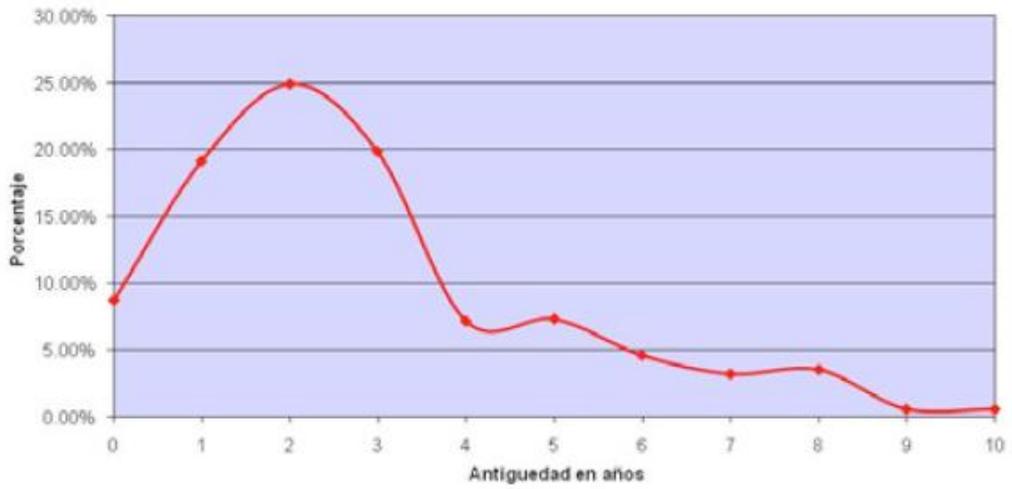
Tabla A.1.2.6 Consumo de combustible de acuerdo a diversas fuentes (2007)

	Resultados propios	PEMEX, 2006*	Resultados usando recorrido de INE**
Gasolina	56.32	56.03	147.81
Diesel	8.99	14.87	8.50

*Gerencia de Ventas Norte de Pemex (información de Gobierno de Nuevo León, 2009).

**Supone 90 km diarios para auto particular y 60 km diarios para van.

Figura A.1.2.1. Edad de la flota de autobuses en el AMM (2007)



Fuente: Gobierno de Nuevo León, 2009

Figura A.1.2.1. Edad de la flota de taxis en el AMM (2007).



Fuente: Gobierno de Nuevo León, 2009

Anexo 2

La relación velocidad – eficiencia.

En este anexo se reportan algunos estudios que identifican la relación entre velocidad de circulación dentro de una zona urbana y la eficiencia de consumo de combustible en vehículos privados. Esta relación es la base para el escenario velocidad-eficiencia para nuestras dos zonas metropolitanas.

En un estudio del Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007) en el que se estudian los beneficios ambientales del Metrobús que corre sobre Insurgentes, se hace uso de la relación entre velocidad y consumo de combustible que se expresa en la tabla A.2.1.

Tabla A.2.1 Relación velocidad-consumo en la ZMVM

Velocidad (km/h)	Consumo de combustible (l/km)		
	Autos particulares y taxis (LDGV)	Micros (HDGV3)	Camiones de carga y autobuses (HDDV)
5	0.2894	0.7469	1.7677
10	0.2220	0.5685	1.3792
15	0.1901	0.4428	1.0957
20	0.1703	0.3542	0.8888
25	0.1564	0.2918	0.7378
30	0.1458	0.2478	0.6276
35	0.1375	0.2168	0.5472
40	0.1306	0.1950	0.4885
45	0.1249	0.1796	0.4457
50	0.1199	0.1687	0.4144
55	0.1157	0.1611	0.3916
60	0.1119	0.1557	0.3750
65	0.1085	0.1519	0.3628
70	0.1055	0.1492	0.3539
75	0.1027	0.1474	0.3475
80	0.1002	0.1460	0.3428

Fuente: INE, 2007. Tabla 25

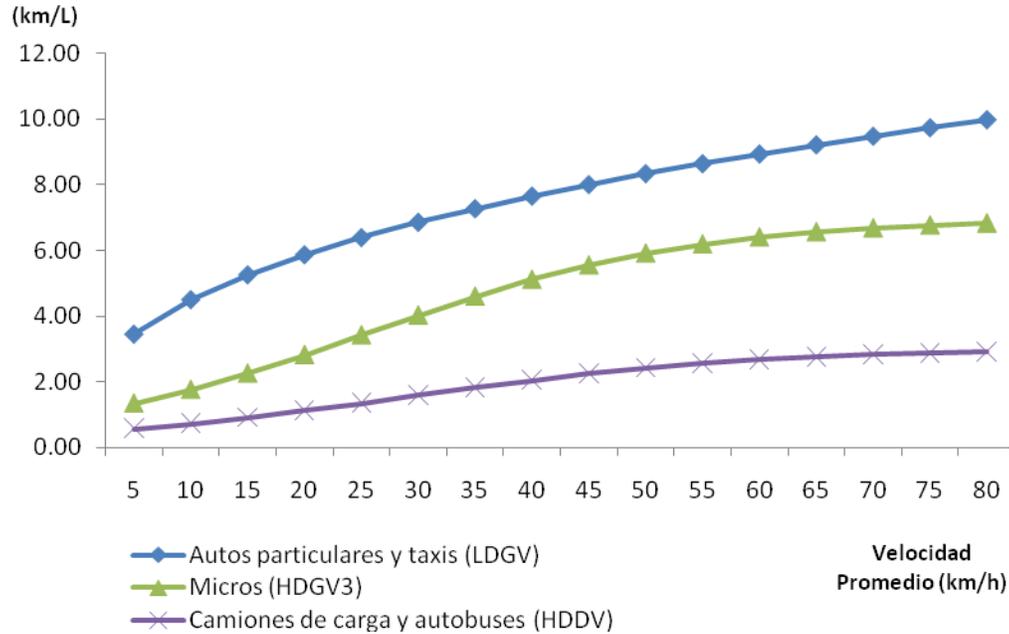
Según dicho estudio, estos datos se obtienen mediante simulación, en la adaptación para la ciudad de México del programa denominado *Tranus*, el cual es utilizado en el análisis de sistemas de transporte para escalas urbanas y regionales. Estas relaciones numéricas expresadas en términos de eficiencia vehicular, pueden observarse en la tabla A.2.2 y la figura A.2.1

Tabla A.2.2 Relación velocidad-eficiencia en la ZMVM

Velocidad (km/h)	Rendimiento (km/L)		
	Autos particulares y taxis (LDGV)	Micros (HDGV3)	Camiones de carga y autobuses (HDDV)
5	3.46	1.34	0.57
10	4.50	1.76	0.73
15	5.26	2.26	0.91
20	5.87	2.82	1.13
25	6.39	3.43	1.36
30	6.86	4.04	1.59
35	7.27	4.61	1.83
40	7.66	5.13	2.05
45	8.01	5.57	2.24
50	8.34	5.93	2.41
55	8.64	6.21	2.55
60	8.94	6.42	2.67
65	9.22	6.58	2.76
70	9.48	6.70	2.83
75	9.74	6.78	2.88
80	9.98	6.85	2.92

Fuente: Adecuación propia de la Tabla A.2.1.

Figura A.2.1. Velocidad Vs. eficiencia en la ZMVM



Fuente: Elaboración propia con datos de la Tabla A.2.1

Por otro lado, partiendo de un estudio realizado en el año 1997 (West et. Al, 1997), podemos observar (tabla A.2.3, figura A.2.2) que, para velocidades inferiores a los 50 km/h, existe semejanza en el comportamiento de la eficiencia vehicular entre los resultados de dicho estudio y los del INE.

Puede observarse que a pesar de tener valores absolutos diferentes, pues se trata de muestras diferentes en años diferentes (el avance tecnológico ha cambiado los rangos de eficiencia), los comportamientos generales de las dos curvas son similares, al menos para valores por debajo de los 50 km/h, valor promedio de circulación que difícilmente se alcanza en una ciudad. Es decir, se tiene que, mientras mayor es la velocidad promedio de circulación, mayor eficiencia proporciona un vehículo.

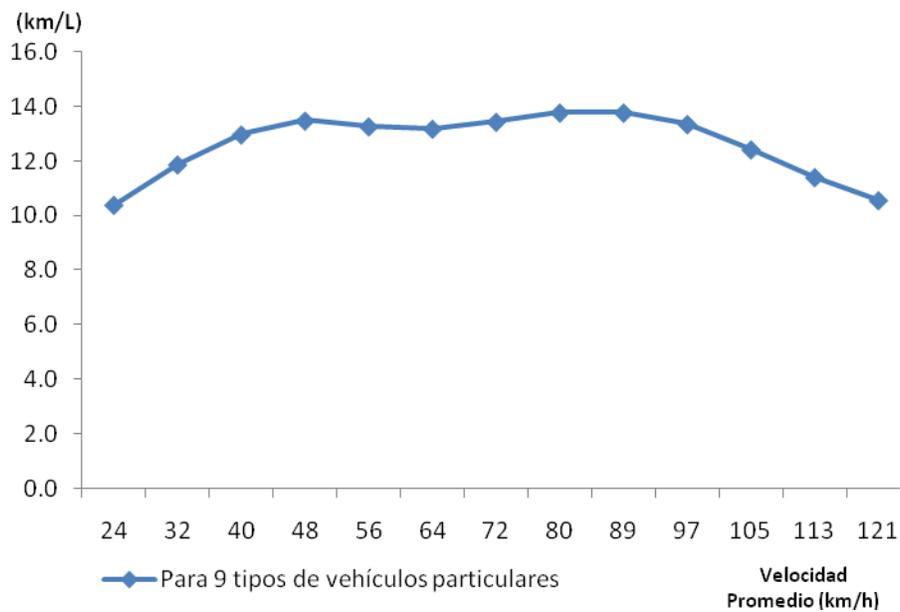
Otro dato importante a considerar es el que se proporciona en EPA, 2007. Aquí, se establece que, debido a la congestión del tráfico, el efecto en la eficiencia vehicular es una reducción del 10.6%, cuando se compara una velocidad de 20 mph (millas por hora) contra 27 mph.

Tabla A.2.3 Relación velocidad- rendimiento para autos de 1997.

Velocidad	Rendimiento	Velocidad	Rendimiento
millas por hora	millas por galón	km/h	km/L
15	24.4	24.1	10.4
20	27.9	32.2	11.9
25	30.5	40.2	13.0
30	31.7	48.3	13.5
35	31.2	56.3	13.3
40	31.0	64.4	13.2
45	31.6	72.4	13.4
50	32.4	80.5	13.8
55	32.4	88.5	13.8
60	31.4	96.6	13.3
65	29.2	104.6	12.4
70	26.8	112.7	11.4
75	24.8	120.7	10.5

Fuente: Elaboración propia con datos de West et. Al, 1997.

Figura A.2.2 Relación velocidad- rendimiento para autos de 1997



Fuente: Elaboración propia con datos de la Tabla A.2.3

Esto representa una prueba importante para los datos considerados en el estudio del INE, pues por el hecho de provenir estos de una simulación, podría suceder que no fueran representativos de la

realidad. Además, el estudio de 1997 que nos sirvió de comparación, es una prueba directa realizada a sólo 9 vehículos, y el estudio no es reciente.

Pero si se obtiene la función cuadrática que modelan los datos del INE en el rango de 5 a 50 km/h, y se usa para pronosticar la disminución en eficiencia, tenemos que cuando se pasa de una velocidad de circulación en ciudad de 27 mph a 20 mph, el resultado es muy similar al reportado por el estudio de la EPA (tabla A.2.4).

Tabla A.2.4 Estimación del cambio en el rendimiento para un cambio de velocidad de 32 a 43 km/h con base en datos del estudio INE (2007).

Velocidad mph	Velocidad km/h V	Eficiencia para autos particulares y taxis en km/L (EV)
		$EV = -0.001448V^2 + 0.1829V + 2.7274$
20	32.186	7.1
27	43.451	7.9
Porcentaje de reducción		11.6%
Porcentaje de según EPA		10.6%

Fuente: Elaboración propia con datos de INE(2007)

Lo anterior muestra que con bastante certidumbre puede utilizarse esta función cuadrática para el rango de velocidades de 5 a 50 km/h, que con mucho, cubre las velocidades habituales en una urbe contemporánea.

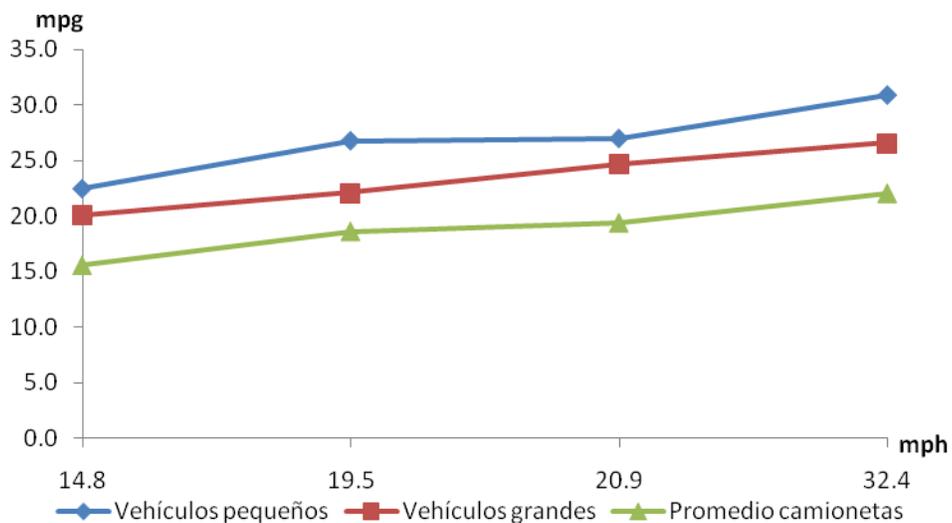
Por otro lado, en otra confirmación de esta relación, podemos observar lo que sucede al variar el ciclo de prueba con el que se determina la eficiencia de un vehículo (tabla A.2.5 y figura A.2.3)

Tabla A.2.5 Velocidad de los ciclos de prueba y eficiencias

Ciclo de Prueba	Velocidad promedio mph	Eficiencia (mpg)		
		Vehículos pequeños	Vehículos grandes	Promedio camionetas
<i>Japan 10-15</i>	14.8	22.5	20.1	15.6
<i>EPA city</i>	19.5	26.8	22.1	18.6
<i>NEDC</i>	20.9	27.0	24.7	19.4
<i>CAFE</i>	32.4	30.9	26.6	22.1
<i>EPA hwy</i>	48.2	38.1	35.8	28.4

Fuente: Elaboración propia con datos de Feng An (2004)

Figura A.2.3. Velocidad de los ciclos de prueba y eficiencias



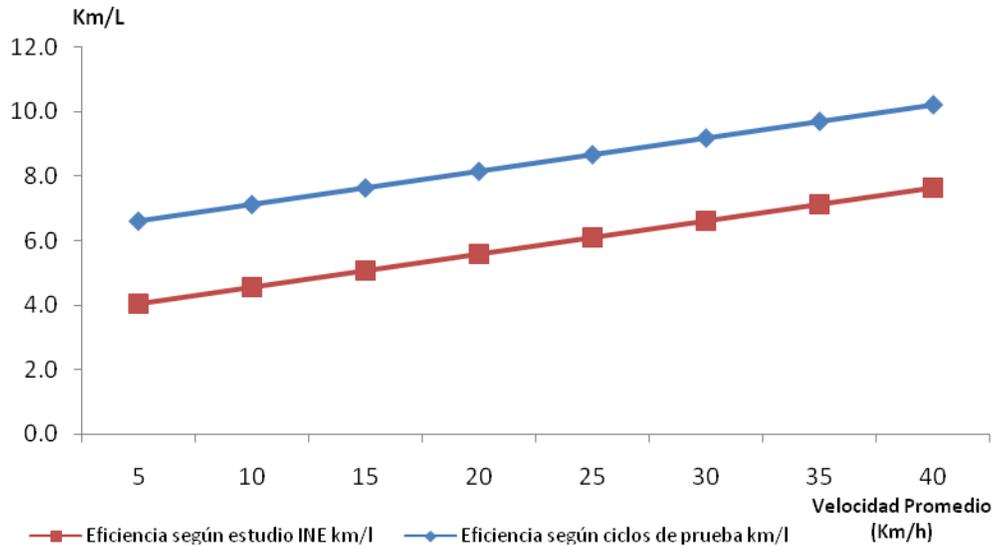
Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla A.2.5

El hecho de que sean ciclos de prueba diferentes nos sirve en la medida que pueden representar regímenes diferentes de conducción dentro de diferentes ciudades. Se observa entonces que, sean vehículos grandes, pequeños o camiones, exhiben un comportamiento general semejante: a mayor velocidad mayor eficiencia, pero además, sus pendientes son muy parecidas.

Si se expresa la eficiencia en km/L y se considera el promedio entre los dos extremos, es decir entre los autos chicos y las camionetas (hecho bastante representativo de la estructura del parque

vehicular), las eficiencias, en una aproximación lineal, se comportan como se muestra en la figura A.2.4 y tabla A.2.6.

Figura A.2.4. Velocidad promedio y eficiencia para estudio del INE y ciclos de prueba.



Fuente: elaboración propia con datos de INE (2007) y Feng An (2004)

Tabla A.2.6. Pendientes de la relación Velocidad-eficiencia para estudio del INE y ciclos de prueba.

Referencia	pendiente
ciclos de prueba	0.1027
Estudio INE	0.1032

Fuente: elaboración propia con datos de datos de INE (2007) y Feng An (2004)

Al observar que las pendientes son casi idénticas, se puede considerar que los datos proporcionados por el estudio del INE son representativos para la flota de la ZMG y de la ZMM en un intervalo de velocidades de 5 a 50 km, y se establece en un valor de 0.1032 la pendiente para la construcción del escenario velocidad- eficiencia.

Anexo 3

Siglas, símbolos, acrónimos y abreviaturas utilizados.

AGEB: Área Geoestadística Básica.

AMM: Área Metropolitana de Monterrey.

BNE: Balance Nacional de Energía.

BRT: Autobús de tránsito rápido. (*Bus Rapid Transit*)

CH₄: Metano.

CO: Monóxido de Carbono.

CO₂: Dióxido de carbono.

COV: Compuestos orgánicos volátiles.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (*Environmental Protection Agency*)

GEI: Gases de efecto invernadero.

GLP: Gas licuado de petróleo.

GNC: Gas natural comprimido.

HDDV: Vehículos pesados a diesel. (*Heavy-duty diesel vehicles*)

HDGV3: Vehículos pesados a gasolina clase 3. (*Heavy-duty gas trucks class 3*)

HFC: Hidrofluorocarbonos.

INE: Instituto Nacional de Ecología.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas. (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

LDGV: Vehículos ligeros a gasolina. (*Light-duty gasoline vehicles*)

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio.

MEESM: Modelo del escenario mexicano de consumo energético y emisiones. (*Mexican Energy-Emission Scenario Model*)

mpg: Millas por galón.

mph: Millas por hora.

N₂O: Óxido nitroso.

NO_x: Óxidos de Nitrógeno.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Pas-km: Pasajero-kilómetro.

PCM: Potencial de calentamiento mundial.

PEMEX: Petróleos Mexicanos.

PFC: Perfluorocarbonos.

RTM: Red Troncal Metropolitana.

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SF₆: Hexafluoruro de Azufre.

SISTECOZOME: Sistema de Transporte Colectivo de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

SITEUR: Sistema de Tren Eléctrico Urbano.

SMA-GDF: Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

STC Metrorrey: Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey.

TCA: Tasa de crecimiento promedio anual.

Veh-km: Vehículo-kilómetro.

ZMG: Zona Metropolitana de Guadalajara.

ZMM: Zona Metropolitana de Monterrey.

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México.

Lista de tablas

Tabla 2.1 Consumo de combustibles por sector en México. (Cifras en PetaJoules).....	11
Tabla 2.2 Emisiones equivalentes de CO ₂ por sector, asociadas al consumo de energía nacional	13
Tabla 2.3 Información disponible para estimar consumo de combustibles por modo para autotransporte	14
Tabla 2.4 Vehículos de motor (autotransporte) registrados en México*	15
Tabla 2.5. Tasa nacional de motorización	15
Tabla 3.1 Fracción de carbono oxidada.....	18
Tabla 3.2 Factores de emisión de CO ₂ incluyendo fracción oxidable	18
Tabla 3.3 Factores de emisión CH ₄ y N ₂ O para vehículos a gasolina.....	20
Tabla 3.4 Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O para vehículos de combustibles distintos a gasolina.....	21
Tabla 3.5 Fuentes de información y estimaciones para determinar parque vehicular por año-modelo y tipo; rendimiento vehicular y kilómetro recorrido	23
Tabla 3.6 Edad del parque vehicular por año para 16 delegaciones y 18 municipios conurbados de la ZMVM.	26
Tabla 3.7. Estimación de la tasa de desecho del parque vehicular de pasajeros de uso privado	27
Tabla 4.1. Indicadores del proceso de metropolización.....	30
Tabla 4.2 Zonas Metropolitanas de México, Monterrey y Guadalajara	31
Tabla 4.3 Zona Metropolitana de Guadalajara	32
Tabla 4.4 Zona Metropolitana de Monterrey.....	32
Tabla 5.1. Áreas total y urbana de los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara.	33
Tabla 5.2. Población urbana y densidad poblacional en los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara.....	34
Tabla 5.3 Empresas de transporte público en la ZMG (1997).....	35
Tabla 5.4 Viajes por modo en la ZMG (1998)	36
Tabla 5.5 Indicadores de actividad, ZMG (1998).....	37
Tabla 5.6. Flota vehicular en la ZMG (2007).....	40
Tabla 5.7. Estimación de la flota de vehículos privados en la ZMG (2007)	41
Tabla 5.8 Estimación del parque vehicular de transporte público en la ZMG (2007)	42
Tabla 5.9. Distancia promedio recorrida por tipo de transporte en la ZMG (2007).	46
Tabla 5.10 Rendimiento vehicular promedio para vehículos de gasolina y diesel (2007).....	46
Tabla 5.11. Consumo de combustibles (PJ) para el transporte de pasajeros en la ZMG (2007).....	47
Tabla 5.12 Estimación del consumo de combustibles por modo ZMG (2007)	47
Tabla 5.13. Emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ eq para el transporte de pasajeros en la ZMG	49
Tabla 5.14. Emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ eq para el transporte de pasajeros en la ZMG	49
Tabla 5.15 Emisiones de GEI del transporte público de pasajeros en la ZMG	51
Tabla 5.16 Estimación de emisiones de GEI por pasajero-kilómetro en la ZMG (2007).....	51

Tabla 5.17 Ventas de vehículos en la ZMG	52
Tabla 5.18. Tasas anuales de crecimiento para el transporte público	54
Tabla 5.19 Flota vehicular de la ZMG (escenario base).....	56
Tabla 5.20. Estructura del parque vehicular en la ZMG (escenario base)	57
Tabla 5.21 Consumo de energía por modo y combustible para el 2020, ZMG (escenario base)	59
Tabla 5.22 Emisiones de GEI para el 2020 en la ZMG (escenario base).	60
Tabla 5.23 Emisiones de CO ₂ eq para el 2020 en la ZMG (escenario base).	60
Tabla 5.24 Emisiones de CO ₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI.....	62
Tabla 5.25 Consideraciones para escenario de incremento de autobús tipo BRT para la ZMG.....	63
Tabla 5.26 Emisiones acumuladas de CO ₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI,	63
Tabla 6.1 Áreas total y urbana de los Municipios de la Zona Metropolitana de Monterrey.....	66
Tabla 6.2 Población urbana y densidad poblacional en los Municipios de la Zona Metropolitana de Monterrey.	66
Tabla 6.3. Oferta del transporte urbano por modalidad en el AMM en el 2008.....	72
Tabla 6.4. Estructura de la flota vehicular de transporte público según su edad.	73
Tabla 6.5. Flota vehicular en la ZMM en 2007.	73
Tabla 6.6. Estimación de la flota de vehículos privados en la ZMM (2007).....	74
Tabla 6.7. Estimación del parque vehicular de transporte público en la ZMM (2007)	74
Tabla 6.8. Distancia promedio recorrida por tipo de transporte en la ZMM (2007).....	79
Tabla 6.9 Rendimiento vehicular promedio para vehículos de gasolina y diesel (2007).....	80
Tabla 6.10. Consumo de combustibles (PJ) para el transporte de pasajeros en la ZMM (2007)	80
Tabla 6.11 Estimación del consumo de combustibles por modo ZMM (2007).....	81
Tabla 6.12. Emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ eq para el transporte de pasajeros en la ZMM	82
Tabla 6.13. Emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ eq para el transporte de pasajeros en la ZMM	83
Tabla 6.14 Emisiones de GEI del transporte público de pasajeros en la ZMM	84
Tabla 6.15 Estimación de emisiones de GEI por pasajero-kilómetro en la ZMM (2007)	85
Tabla 6.16 Ventas de vehículos en la ZMM.....	86
Tabla 6.17. Tasas anuales de crecimiento para el transporte público	87
Tabla 6.18 Flota vehicular de la ZMM (escenario base)	89
Tabla 6.19. Estructura del parque vehicular en la ZMM (escenario base)	90
Tabla 6.20 Consumo de energía por modo y combustible para el 2020, ZMM (escenario base).....	92
Tabla 6.21 Emisiones de GEI para el 2020 en la ZMM (escenario base).....	93
Tabla 6.22 Emisiones de CO ₂ eq para el 2020 en la ZMM (escenario base).....	93
Tabla 6.23 Emisiones de CO ₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI.....	95
Tabla 6.24 Consideraciones para escenario de incremento de autobús tipo BRT para la ZMM	96
Tabla 6.25 Emisiones acumuladas de CO ₂ equivalente de los escenarios base y de mitigación de GEI,	96
Tabla 7.1 Características físicas y demográficas de las dos zonas metropolitanas (2005)	98
Tabla 7.2 Número de vehículos para las dos zonas metropolitanas.....	99

Tabla 7.3 Distancia recorrida por modo y por zona (en millones de km).....	99
Tabla 7.4 Consumo de energía para las dos zonas metropolitanas (en PJ).....	99
Tabla 7.5 Escenarios base y de mitigación de las dos zonas metropolitanas.....	100
Tabla 7.6 Potenciales de mitigación para los escenarios base y de mitigación de las dos zonas metropolitanas	101
Tabla A.1.1.1 Parque vehicular en la ZMG (2007)	105
Tabla A.1.1.2 Parque vehicular de automóviles por municipio ZMG (2007)	106
Tabla A.1.1.3 Parque vehicular de autobuses por municipio ZMG (2007)	106
Tabla A.1.1.4 Distribución por edad del parque vehicular ZMG (2007)*	106
Tabla A.1.1.5. Recorrido anual por modo de transporte en la ZMG (2007).....	107
Tabla A.1.2.1 Parque vehicular en la ZMM (2007).....	109
Tabla A.1.2.2 Parque vehicular de automóviles por municipio ZMM (2007).....	109
Tabla A.1.2.3 Parque vehicular de autobuses por municipio ZMM (2007)	110
Tabla A.1.2.4 Distribución por edad del parque vehicular ZMM (2007)*	110
Tabla A.1.2.5. Recorrido anual por modo de transporte, ZMM (2007).....	111
Tabla A.1.2.6 Consumo de combustible de acuerdo a diversas fuentes (2007).....	111
Tabla A.2.1 Relación velocidad-consumo en la ZMVM.....	113
Tabla A.2.2 Relación velocidad-eficiencia en la ZMVM.....	114
Tabla A.2.3 Relación velocidad- rendimiento para autos de 1997.....	116
Tabla A.2.4 Resultados de estimar el cambio en el rendimiento para un cambio de velocidad de 32 a 43 km/h. con base en datos del estudio INE (2007).....	117
Tabla A.2.5 Velocidad de los ciclos de prueba y eficiencias.....	118
Tabla A.2.6. Pendientes de la relación Velocidad-eficiencia para estudio del INE y ciclos de prueba.....	119

Lista de figuras

Figura 2.1 Consumo de combustibles del sector transporte	11
Figura 2.2 Consumo de combustibles del sector transporte por modo	12
Figura 5.1 Capacidad de vialidades, ZMG	38
Figura 5.2 Distribución geográfica de la demanda, ZMG	38
Figura 5.3 Zonas de mayor congestión vehicular, ZMG	39
Figura 5.4 Estimación de la edad del parque vehicular ZMG (2007)	40
Figura 5.5. Estructura del parque vehicular en la ZMG por modo de transporte (2007)	43
Figura 5.6. Estructura de la flota de autos privados en la ZMG por segmento (2007).	44
Figura 5.7. Automóviles particulares con y sin convertidor catalítico en la ZMG para el año 2007.....	44
Figura 5.8. Participación de cada municipio en la flota total vehicular de transporte de pasajeros.	45
Figura 5.9. Consumo de energía (PJ) por modo y por edad en la ZMG (2007)	48
Figura 5.10 Estructura de las emisiones de GEI (CO ₂ eq.) para el transporte de pasajeros en la ZMG	50
Figura 5.11 Estructura de las emisiones de GEI (CO ₂ eq.) para el transporte de pasajeros en la ZMG	50
Figura 5.12 Ventas de vehículos por tipo en la ZMG.....	53
Figura 5.13. Estimación de ventas para vehículos particulares en la ZMG de 2008 a 2020.	53
Figura 5.14. Escenario de crecimiento de la flota vehicular para transporte de pasajeros en la ZMG.	56
Figura 5.15. Consumo de energía por modo de transporte ZMG (escenario base)	58
Figura 5.16. Consumo de energía por tipo de combustible ZMG (escenario base).....	58
Figura 5.17. Emisiones equivalentes de CO ₂ , ZMG (escenario base)	61
Figura 5.18 Evolución de los escenarios base y de mitigación para la ZMG	64
Figura 6.1 Saturación vial del AMM en el año 2000.....	68
Figura 6.2 Proyecciones de saturación vial del AMM para el 2010	68
Figura 6.3 Participación modal de los viajes en el AMM (2005).....	70
Figura 6.4. Evolución de la participación modal de viajes motorizados en el AMM.	70
Figura 6.5. Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey.	71
Figura 6.6 Estimación de la edad del parque vehicular ZMM (2007)	76
Figura 6.7. Estructura del parque vehicular en la ZMM por modo de transporte (2007)	77
Figura 6.8. Estructura de la flota de autos privados en la ZMM por segmento (2007)	77
Figura 6.9. Automóviles particulares con y sin convertidor catalítico en la ZMM (2007).....	78
Figura 6.10. Participación de cada municipio en la flota total vehicular de transporte de pasajeros.	78
Figura 6.11. Consumo de energía (PJ) por modo y por edad en la ZMM (2007).....	81
Figura 6.12 Estructura de las emisiones de GEI (CO ₂ eq.) para el transporte de pasajeros en la ZMM.....	83
Figura 6.13 Estructura de las emisiones de GEI (CO ₂ eq.) para el transporte de pasajeros en la ZMM.....	84

Figura 6.14 Ventas de vehículos por tipo en la ZMM	85
Figura 6.15. Estimación de ventas para vehículos particulares en la ZMM de 2008 a 2020.	87
Figura 6.16. Estimación de crecimiento de la flota vehicular para transporte de pasajeros en la ZMM.	90
Figura 6.17. Consumo de energía por modo de transporte ZMM (escenario base).....	91
Figura 6.18. Consumo de energía por tipo de combustible ZMM (escenario base)	92
Figura 6.19. Emisiones equivalentes de CO ₂ , ZMM (escenario base)	94
Figura 6.20 Evolución de los escenarios base y de mitigación para la ZMM	97
Figura A.1.1.1 Parque vehicular en la ZMG (1997).....	107
Figura A.1.1.2 Recorrido vehicular en la ZMG (1997)	108
Figura A.1.1.3 Empresas de transporte público ZMG (1997)	108
Figura A.1.2.1. Edad de la flota de autobuses en el AMM (2007)	112
Figura A.1.2.1. Edad de la flota de taxis en el AMM (2007).	112
Figura A.2.1. Velocidad Vs. eficiencia en la ZMVM.....	115
Figura A.2.2 Relación velocidad- rendimiento para autos de 1997.....	116
Figura A.2.3. Velocidad de los ciclos de prueba y eficiencias	118
Figura A.2.4. Velocidad promedio y eficiencia para estudio del INE y ciclos de prueba.	119

Referencias

- AMIA, (2009), Ventas nacionales de motos a distribuidores. Consulta en Internet: <http://www.amia.com.mx/bdemotos.php>
- CEDEM, (2002), *Análisis Estratégico del Área Metropolitana de Monterrey. Un Diagnóstico para el Desarrollo*, Centro de Desarrollo Estratégico Metropolitano, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Nuevo León , México.
- CEIT, (1997), Memorandum Técnico 1. Recolección y Análisis de datos, en *Proyecto de Integración y Modernización del Transporte Público en Guadalajara, Jalisco*. Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte, Gobierno de Jalisco, Guadalajara, México.
- CONAPO (2001), *Índices de Desarrollo Humano, 2000*, Consejo Nacional de Población, México, D. F.
- EPA, (2007), *Fuel Economy Impact Analysis of RFG*, Environmental Protection Agency, USA, Consulta en Internet: <http://www.epa.gov/otaq/rfgecon.htm>
- Feng An y Amanda Sauer, (2004), *Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy And Greenhouse Gas Emission Standards Aroun the World*, Pew Center on Global Climate Change.
- Gobierno de Jalisco, (2008). *Reporte sobre Características y Estudios para la toma de decisiones en la implementación de Sistemas de Transporte Masivo Sustentable en la modalidad de Autobuses Articulados de alta velocidad (“BRT” Bus Rapid Transit), para la Zona Metropolitana de Guadalajara*, Gobierno de Jalisco, México.
- Gobierno de Jalisco, (2008a), *Programas Sectoriales Espaciales, Movilidad. Jalisco 2030*. Gobierno de Jalisco. <http://www.jalisco.gob.mx>

Gobierno de Jalisco, (2009), *Plan Estatal de Desarrollo 2030*. Consulta en Internet:
http://seplan.jalisco.gob.mx/?q=plan_estatal1

Gobierno de Nuevo León, (2004), *Programa Sectorial de Vialidad y Transporte (2004-2009)*,
Nuevo León, México.

Gobierno de Nuevo León, (2008), *Plan de Desarrollo Urbano de la Zona Conurbada de
Monterrey. Anteproyecto para consulta Pública*. Gobierno de Nuevo León,
México.

Gobierno de Nuevo León, (2009), *Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030*.
Anteproyecto para Consulta Pública. Gobierno de Nuevo León, México.

INE, (2007), *The Benefits and Costs of a Bus Rapid Transit System in Mexico City. Final Report*,
Instituto Nacional de Ecología, México D.F.

INE, (2008), *Resultados del estudio sobre emisiones y características vehiculares en la Zona
Metropolitana de Monterrey*. Instituto Nacional de Ecología, México D.F,
<http://www.ine.gob.mx>

INEGI, (1990), *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Consulta Interactiva de datos. Instituto
Nacional de Estadística y Geografía, México.

INEGI, (2000), *La industria automotriz en México. Edición 2000*. Series Estadísticas
Sectoriales, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

INEGI, (2003), *La industria automotriz en México. Edición 2003*. Series Estadísticas
Sectoriales, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

INEGI, (2005), *Conteo de Población y Vivienda*. Consulta interactiva de datos. Instituto
Nacional de Estadística y Geografía, México. Consulta en Internet:
www.inegi.org.mx/lib/olap/general_ver4/MDXQueryDatos.asp

INEGI, (2005a), *II Conteo de Población y Vivienda 2005, Microdatos del Distrito Federal, del
Estado de México, de Jalisco y de Nuevo León*. Aguascalientes, México.

- INEGI, (2008), *La industria automotriz en México. Edición 2008*. Series Estadísticas Sectoriales, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI, (2009), Consulta interactiva de datos en Internet: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/continuas/economicas/bd/transporte/vehiculos.asp?s=est&c=13158>
- INEGI-BIE, (2009), Banco de Información Económica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas del sector comunicaciones y transportes: <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVG10#ARBOL>
- IPCC, (1996), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (3 Volumes)*, Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPCC, (1996b), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Volume 3)*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, (2006), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume, Energy*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Hayama, Japan, 2006
- IPCC, (2007), “Transport and its infrastructure”. En *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Melgar y Asociados, (2008), Base de datos de parque vehicular por edad, nacional y para los estados. Legal, regularizados e ilegales. México D.F.
- Negrete, Ma. Eugenia y Héctor Salazar, (1986), “Zonas metropolitanas en México, 1980”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 1, núm. 1, pp. 97-124
- SEDESOL, CONAPO e INEGI, (2004), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

SEDESOL, CONAPO e INEGI, (2007), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005*. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Consulta en Internet: www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/delimex05/DZMM_2005_0.pdf

SENER, (1997), *Balance Nacional de Energía 1996*. Secretaría de Energía, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México D.F.

SENER, (2008), *Balance Nacional de Energía 2007*, Secretaría de Energía, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México D.F. Consultado en Internet: www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Balance_2007.pdf

Sheinbaum C., Masera O., (2000), “Mitigating Carbon Emissions while Advancing National Development Priorities: The Case of Mexico”, *Journal of Climatic Change*, 47(3): 259-282.

SITEUR, (2009), Consulta en el Portal de Internet del SITEUR: <http://www.siteur.gob.mx/Pagina%20Web2/dat3.htm>

Solís Gerardo, (2007), *Sexto Informe de Gobierno*, Gobierno de Jalisco. Secretaría General de Gobierno. Dirección de Publicaciones Gobierno de Jalisco. Consulta en Internet: <http://www.jalisco.gob.mx>

SMA, (2008), *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, 2006*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Consultado en Internet: <http://www.sma.df.gob.mx>

SMA, (2008), *Inventario de emisiones criterio, 2006*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Consultado en Internet: <http://www.sma.df.gob.mx>

SMA, (2008a), Base de datos de inventarios de emisiones 1990-2006. Documento interno. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Sobrino, Jaime, (1993), *Gobierno y administración metropolitana y regional*, México, Instituto Nacional de Administración Pública, A. C.

Unikel, Luis, Crescencio Ruiz y Gustavo Garza, (1978), *El desarrollo urbano de México*, México, El Colegio de México.

West, B.H., R.N. McGill, J.W. Hodgson, S.S. Sluder, and D.E. Smith, (1997), *Development and Verification of Light-Duty Modal Emissions and Fuel Consumption Values for Traffic Models*, FHWA Report, Washington, DC, April 1997, and additional project data, April 1998