

# IMPACTO AMBIENTAL DEL TRANSPORTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN MÉXICO DURANTE EL 2000 Y 2012.

Carolina Ingrid Betancourt Quiroga<sup>1</sup>, Leonor Patricia Güereca Hernández<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México UNAM – Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México UNAM – Instituto de Ingeniería

Director de tesis: Dra. Leonor Patricia Güereca Hernández

Email: [cbetancourtq@iingen.unam.mx](mailto:cbetancourtq@iingen.unam.mx)

## RESUMEN

La construcción masiva de vivienda de interés social en México durante el 2000-2012, demandó constantes viajes de traslado por la población, su localización relativa ha fomentado mayor demanda de energía y de combustibles por el número de viajes origen destino.

El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto ambiental desde el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), que género el transporte por la construcción masiva de vivienda de interés social en la periferia de las ciudades mexicanas, durante el 2000 – 2012.

La metodología empleada fue el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), está herramienta permite estimar los aspectos asociados a un proceso o servicio. Para determinar el impacto ambiental, se llevó a cabo la compilación de un Inventario Ciclo de Vida, éste permitió cuantificar las emisiones de GEI y los impactos asociados.

Las emisiones de GEI fueron aproximadamente de 417.173.41 Gg de CO<sub>2</sub> eq, esto representó 20% aproximadamente de las emisiones de transporte para el mismo periodo.

**Palabras clave:** Vivienda, Transporte, Cambio Climático, Análisis de Ciclo de Vida.

## ABSTRACT

The massive construction of social interest housing in Mexico during 2000-2012, demanded constant trips of the population, its relative location has fostered greater demand for energy and fuel by the number of trips source destination.

The objective of this research is to assess the environmental impact from the calculation of emissions of greenhouse gases (GHG) that gender transport the massive construction of social interest housing on the outskirts of Mexican cities, during 2000 to 2012.

The methodology used was the life-cycle assessment (LCA), this tool allows to estimate the aspects associated with a process or service. To determine the environmental impact was conducted compiling a Life Cycle Inventory, it is allowed to quantify GHG emissions and associated impacts.

GHG emissions were approximately 417.173.41 Gg of CO<sub>2</sub> eq, that represent about 20% of transport emissions for the same period.

**Key words:** Housing, Transport, Climate Change, Life Cycle Assessment.

## 1. INTRODUCCIÓN

México es una nación con una importante historia en materia de producción de vivienda social; desde hace cuarenta años se instaura un Sistema Institucional de Vivienda bastante robusto bajo el modelo intervencionista del Estado. A partir de la década de los 90 el modelo cambio drásticamente, se optó por un modelo facilitador que delegó la construcción de vivienda al sector privado.

El Sistema Institucional de Vivienda durante 1990 - 2000 es reformado con el artículo 27 constitucional que transforma el sistema de tenencia de la tierra y deroga las prohibiciones sobre la venta de las tierras ejidales y comunales, esto sumado a los cambios institucionales de los principales organismos nacionales de vivienda que abandonan su papel de promotores de vivienda y se convierte en instituciones financieras de créditos hipotecarios para los adquirentes de vivienda.

Durante el 2000 y el 2012 en México, la política pública para la vivienda de interés social facilitó el crecimiento de las ciudades, de forma horizontal; según el censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), la mayoría del parque habitacional del país se compone de casas independientes lo cual corresponde al 91.7% y solo se registra el 5.7% de departamentos en edificios, las viviendas construidas durante el 2000 y 2012 fueron 7.610.258 millones de viviendas (INEGI, 2010), esto significa que durante este periodo se construyó el 25% de la vivienda nueva de México.

La política pública para la vivienda de interés social en México, particularmente del 2000 al 2012 se orientó a financiar viviendas para la población en el mercado laboral formal, atendiendo las necesidades de vivienda de algunos grupos sociales, sin embargo ha repercutido de manera negativa en la gestión y ocupación del territorio; la construcción de los desarrollos habitacionales se fundamentó en la compra de terrenos a bajo costo por parte de los desarrolladores privados de vivienda, alejados de los centros urbanos y de la infraestructura necesaria causando aislamiento, desarticulación de los centros urbanos y altos costos sociales y económicos para sus habitantes.

Esta situación, se ve reflejada en el crecimiento de las ciudades y los procesos de expansión territorial que han sido potenciados por una política pública que oferta masivamente viviendas de producción horizontal, sustentado en la incorporación de suelo rural barato, sin servicios públicos, equipamientos ni transporte. En el 2010 la superficie urbana de las 59 zonas metropolitanas y ciudades mayores de 50 mil habitantes abarcó 1.14 millones de hectáreas, un 600% más respecto a las 192 mil hectáreas que ocupaban en 1980.

El crecimiento acelerado de la superficie construida se debió en parte al incremento, en la producción de vivienda, a partir de los programas institucionales que fortalecieron y privilegiaron la construcción de vivienda por parte de empresas privadas.

La insuficiente gestión territorial generó que los problemas del sector vivienda se agudicen, entre los aspectos que resaltan está, la ubicación distante a centros urbanos impide el fácil accesos a la infraestructura (salud, transporte, educación, trabajo), su poca interacción con los instrumentos normativos de planeación local y regional, su extensión y localización hace que se pierda la proporción con los servicios que ofrece el municipio, su diseño urbano cerrado los aísla del entorno y de la ciudad. Esta realidad genera altos costos para sus habitantes.

Algunos estudios anteriores como *El Estudio de la Integración urbana y social en la expresión reciente de las ciudades en México 1996 -2006*, realizado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y el Programa Universitario de Estudios Metropolitanos, señala mediante un análisis de encuestas realizadas en diversas regiones de México, que durante este periodo el 44.5% de los habitantes encuestados en zonas periurbanas habían tenido un aumento en sus gastos.

El estudio identifica un aumento de viajes de traslado de 1.7% y duración mayor a dos horas, en al menos el 80% de la muestra se denota una dependencia bastante fuerte al centro de la ciudad, demostrando así la desarticulación entre localización relativa de los desarrollos de vivienda y las necesidades de la población, otro punto importante es como se afecta la economía local de los habitantes y la desarticulación familiar que se ven

expuestas estas familias al estar empleando cuatro horas aproximadamente del día para traslados sin contar el tiempo de trabajo o estudio.

El estudio antes mencionado nos sirve de base para entender la problemática y complementar con el enfoque de ciclo de vida el cálculo de los gastos energéticos que estos programas institucionales han acarreado, problemas de movilidad y transporte, consumo de energías no renovables, uso de recursos naturales para la producción de materiales y elementos constructivos entre otros.

En este artículo se muestran los resultados obtenidos sobre las dinámicas de movilidad y transporte de las Zonas Metropolitanas de México (ZMM), el análisis se realizó empleando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la elaboración del Inventario Ciclo de Vida (ICV), de esta forma se cuantificaron las emisiones de GEI y el aporte de la política de vivienda de interés social al Cambio Climático desde el 2000 hasta el 2012.

## 1.2. POLÍTICA NACIONAL DE VIVIENDA EN MÉXICO 2000 – 2012

Desde hace 40 años se estableció un Sistema Institucional de Vivienda (SIV) basado en un modelo intervencionista de Estado. Desde entonces se tiene un robusto marco legal y normativo que regula específicamente la producción habitacional. Este sistema institucional de vivienda se transformó profundamente a partir de la década de 1990 al adoptarse un modelo facilitador que delega la promoción en el sector privado, mientras que las instituciones operan como financiadoras de créditos hipotecarios para los adquirientes de vivienda (Puebla, 2012).

El SIV se compone de acuerdo con su población objetivo y con sus fuentes de financiamiento. En la figura 1.1. se observan la entidades que conforman el SIV.

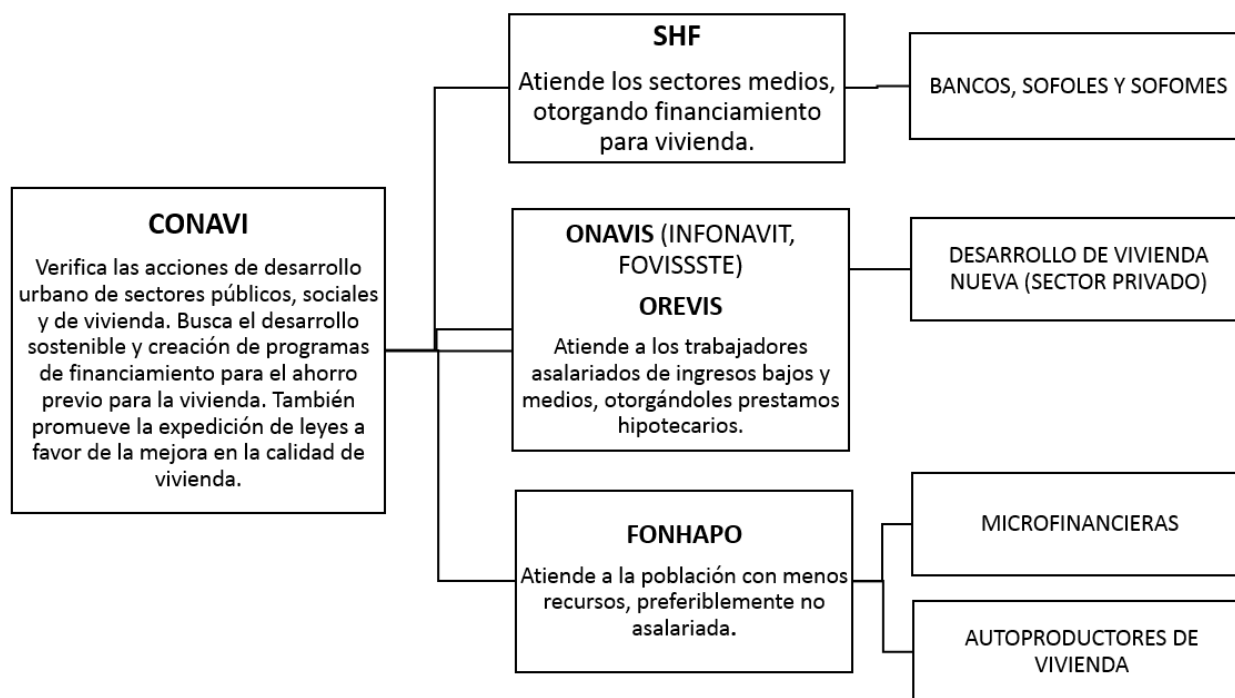


Figura 1.1. Entidades que intervienen en el SIV.

Fuente: Elaboración propia.

## 1.2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), solía recibir anteriormente otros nombres, tales como eco balances, análisis del perfil ambiental y de recursos, análisis ambiental integral, perfiles ambientales, entre otros, y se le comparaba con otras herramientas tales como evaluación del riesgo ambiental y la evaluación de impacto ambiental en cuanto al alcance.

La definición de la International Standards Organization, (ISO) en su serie ISO 14040/44 – 2006 (ISO 14044, 2006), determina que el ACV es: “una técnica para estimar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, a través de: la compilación de un inventario de entradas y salidas relevantes de un sistema producto, la evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados con estas entradas y salidas, y la interpretación de los resultados de inventario y de las etapas de evaluación del impacto en relación con los objetivos del estudio”

La Sociedad de Toxicología y Química (SETAC) define al ACV como: “El ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Esto se lleva a término:

- Identificando y cuantificando la energía materias utilizadas, y los residuos de todo tipo de vertidos al medio;
- Determinando el impacto de este uso de energía y materias, y de las descargas al medio;
- Evaluando e implementando prácticas de mejora ambiental”

El ACV es una metodología internacionalmente aceptada y reconocida para la evaluación de cargas e impactos ambientales asociados a la elaboración de un producto o proceso, teniendo en cuenta todas las etapas de la vida del mismo. Es una herramienta que va más allá de la decisión y consideración netamente ambiental, ya que abarca todas las entradas y salidas, directas e indirectas, lo que permite manejar todos los factores ambientales (Muscharrafie, 2011).

El ACV es una herramienta integral ya que considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final, permitiendo evaluar los impactos ambientales de los productos o servicios que se analicen.

### 1.2.1. METODOLOGÍA DEL ACV

Se considera que el Análisis de Ciclo de Vida consta de las siguientes cuatro fases (ISO 14040, 2006). En la figura 1.2. se puede observar cada una de las fases del ACV.

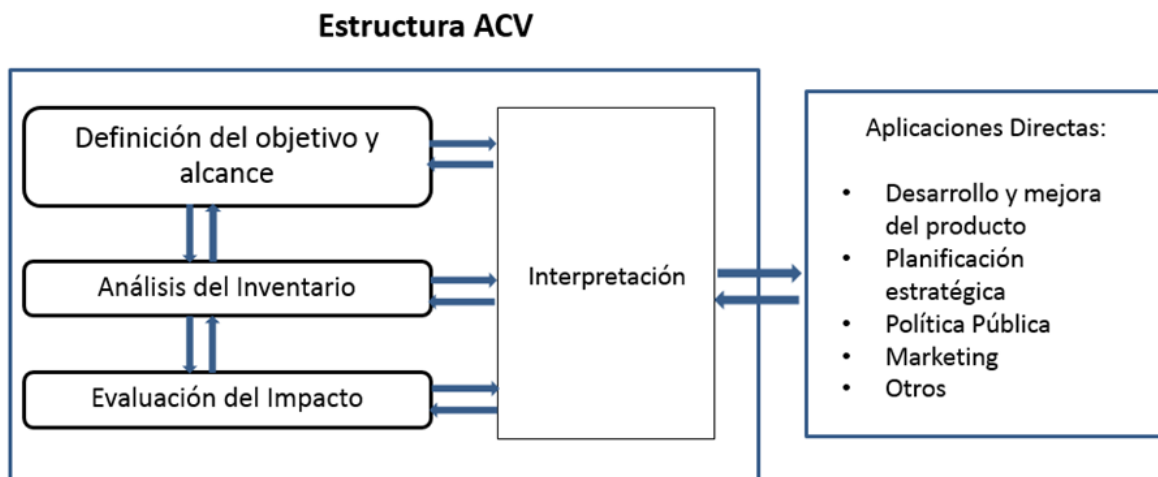


Figura 1.2. Fases de un Análisis de Ciclo de Vida.  
Fuente: ISO 14040, 2006.

### **1.2.1.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES**

El primer paso, definición de objetivos y alcance, debe expresar claramente el propósito y la extensión del estudio, además debe describir el o los sistemas estudiados y la unidad funcional.

Una descripción de la unidad funcional se refiere a la cantidad de productos o servicios necesarios para cumplir la función que se comparará, sirve de base para la comparación entre sistemas y a partir de ella se cuantifican las entradas y salidas funcionales de un sistema productivo o de servicios (Güereca, 2006).

#### ***Definición del objetivo***

El estándar de ISO cuenta con requerimientos particulares para la definición del objetivo, los cuales se explican a continuación:

- La aplicación y las audiencias proyectadas se describirán en forma clara. Eso es importante puesto que un estudio que tiene la intención de suministrar datos y que es aplicado internamente puede ser estructurado de una forma bastante diferente en comparación a un estudio que tiene la intención de efectuar comparaciones públicas entre dos productos. También es importante comunicarse con partes interesadas durante la ejecución del estudio.
- Las razones para la ejecución del estudio deberían ser explicadas claramente.

#### ***Definición del Alcance***

La definición del alcance debe considerar y especificar claramente los siguientes puntos:

- Funciones del sistema
- Unidad funcional
- Sistema de producto a estudiar y sus límites
- Categorías de impacto
- Metodología de evaluación de impacto
- Interpretación
- Calidad de los datos
- Hipótesis o suposiciones
- Limitaciones
- Revisión crítica e informe final

La Unidad Funcional se define como la “cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto” y “proporcionar una referencia clara de la asignación de entradas y salida del proceso considerado” (ISO 14040, 2006). Al considerar el estudio de un único producto, la unidad funcional coincide con el concepto de base de cálculo empleado en la resolución de balances de materia y energía. Sin embargo, en los estudios de ACV comparativos es crucial definir adecuadamente la unidad funcional a partir de la correcta definición de la “función del sistema”, puesto que al ser la base de la comparación afectará a los resultados del estudio.

Definición a los límites de sistema es de naturaleza global, un ACV completo puede resultar muy extenso. Por esta razón se deberán establecer unos límites que deben estar perfectamente identificados. Los límites del sistema determinarán que procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y las limitaciones económicas y el destinatario previsto.

### **1.2.1.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO**

El análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV), comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema, tomando como referencia la unidad funcional. Estas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema a lo largo del ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta

la disposición final. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV. Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación de impacto de ciclo de vida (ISO 14040, 1997).

Considerando que en la práctica el ICV es una larga lista de emisiones y recursos utilizados; con el propósito de evaluación del impacto del ciclo de vida, es determinar la importancia relativa de cada elemento del inventario y agregar las intervenciones en un conjunto de indicadores, o de ser posible, en un solo indicador global. Este paso permite identificar aquellos procesos que constituyen de manera significativa al impacto global, o comparar productos o servicios (Güereca, 2006).

### ***Enfoques del Inventario de Ciclo de Vida***

Existen dos enfoques para la compilación del ICV, el diagrama de flujo de procesos en el Análisis de Ciclo de Vida y el Insumo – Producto ACV (Input – Output Life Cycle Assessment) que se apoya en la representación matricial del proceso. Para fines de esta investigación se trabajó con el diagrama de flujo de procesos.

#### **1.2.1.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO CICLO DE VIDA**

El propósito de la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), según se define en la Norma International Organization for Standardization (ISO 14040/44, 2006), es evaluar los impactos ambientales resultantes de las intervenciones ambientales (estrada de recursos naturales y salidas de emisiones, descarga y residuos) del ICV.

Los modelos EICV, seleccionan los temas ambientales, llamados categorías de impacto, y utiliza indicadores de categoría para condensar y explicar los resultados del ICV. Sin embargo en la practica la Norma ISO 14044 (2006) proporciona poca orientación como se ejemplifica en las diversas diferencias metodológicas, técnicas y filosóficas representadas en las herramientas de modelado, aunque no es la única discusión presente también se habla de los puntos finales y puntos medios.

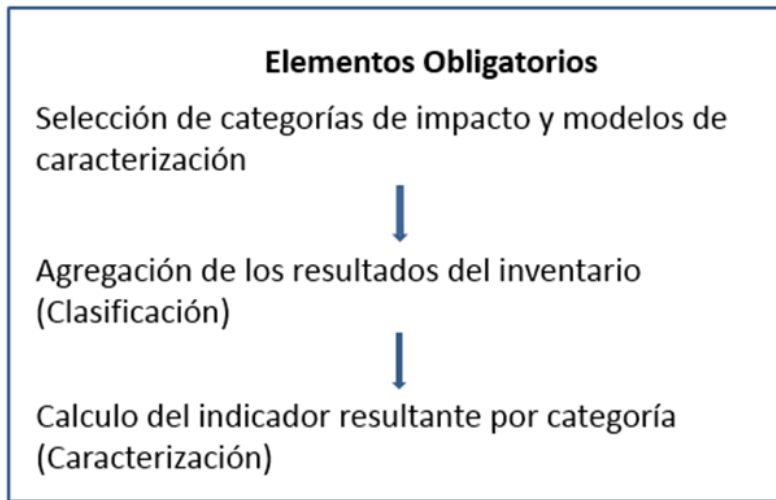
Para realizar dicha evaluación se utilizan modelos, los cuales trabajan a nivel de categorías de impactos, las cuales son los temas ambientales de interés que condensan los impactos ambientales de varias intervenciones (por ejemplo cambio climático es la categoría que agrupa los impactos generados por las intervenciones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), entre otros.

La etapa de EICV es un aspecto importante de todo el proceso de ACV por que esta etapa se traduce en los resultados de un ACV ya que representa los impactos ambientales potencialmente generados.

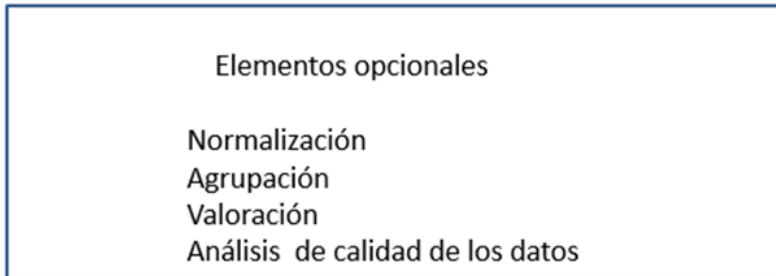
La EICV consta de tres elementos obligatorios: selección de categorías, clasificación y caracterización, con los cuales se obtiene el perfil de la EICV y tres elementos opcionales: normalización, agrupación y pesaje. En la figura 1.3., se pueden apreciar los elementos que componen la EICV.

La ISO 14044 (ISO, 2006), define los elementos obligatorios de la EICV de la siguiente forma:

- Selección: En este paso se seleccionan las categorías de impacto y los métodos de caracterización que se van a considerar en el estudio.
- Clasificación: Es la asignación de los datos del inventario a las diferentes categorías de impacto, tales como calentamiento global, disminución de la capa de ozono, etc.
- Caracterización: Se refiere al cálculo del indicador de impacto para cada una de las categorías de impacto seleccionadas, usando factores de caracterización, los cuales son estimados usando modelos de caracterización.



Resultados caracterizados del ACV (Perfil de impacto del ciclo de vida)



**Figura 1.3. Elementos del impacto ambiental del ciclo de vida.**  
**Fuente: ISO 14044, 2006.**

Los elementos opcionales de la EICV también son definidos por la norma ISO 14044 (ISO, 2006), que establece lo siguiente:

- Normalización: Es el cálculo de la magnitud del indicador de impacto. Para ello se usa información de referencia, como las emisiones en un área determinada, previamente caracterizada por el mismo método de caracterización.
- Agrupación: Es el proceso de clasificar las categorías de impacto por grupos de impacto similar o por categorías en una jerarquía determinada, por ejemplo, alta, media o baja prioridad.
- Valoración: Consiste en establecer unos factores que otorgan una importancia relativa a las distancias categorías de impacto para después sumarlas y obtener un resultado ponderado en forma de un único índice ambiental global del sistema.

### 1.3. GASES EFECTO INVERNADERO

En la atmósfera existen una serie de gases que dejan pasar la radiación solar (luz visible) a la superficie terrestre, atrapando la radiación infrarroja (radiación térmica), que es reemitida por ésta. Si estos gases no existieran la radiación térmica escaparía al espacio. Este atrapamiento de la radiación infrarroja es lo que se conoce como "efecto invernadero". Los gases que influyen en el balance de radiación entre la superficie terrestre y la atmósfera se conocen como radiactivamente activos o gases de efecto invernadero (GEI).

Aún en ausencia de interferencia humana el efecto invernadero está constantemente en operación. Una serie de constituyentes naturales de la atmósfera son radiactivamente activos. Los más importantes son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y las nubes, que contribuyen con aproximadamente un 90% al efecto invernadero natural, mientras que el resto se debe al ozono (O<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y otros gases presentes naturalmente en la atmósfera.

Ciertas actividades humanas, tales como la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales y otros, son causa de emisión de GEI. Estas emisiones provocan un cambio en el balance radiactivo del sistema atmosférico de la superficie (CCHC, 2007). Los GEI pueden dividirse en tres categorías:

- Los radiactivamente activos, tales como el vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, metano, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarbonos (CFCs), que ejercen un efecto climático directo
- Los foto químicamente activos, tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que ejercen efectos climáticos indirectos a través de reacciones químicas que determinan la concentración en la atmósfera de radicales hidroxilos (OH), CH<sub>4</sub> y O<sub>3</sub>
- Las emisiones de aerosoles

Las emisiones en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), para México, comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990 – 2010. Las emisiones de este inventario se contabilizan por cada GEI y también en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq), las cuales se estiman al multiplicar la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 21, N<sub>2</sub>O = 310) para un horizonte de cien años (INEGEI, 2009).

Según el INEGEI (2009), la manufactura y la industria de la construcción tienen el 8% y el transporte el 20.4% de un total de 709,005.3 CO<sub>2</sub> eq, de las emisiones totales a nivel nacional.

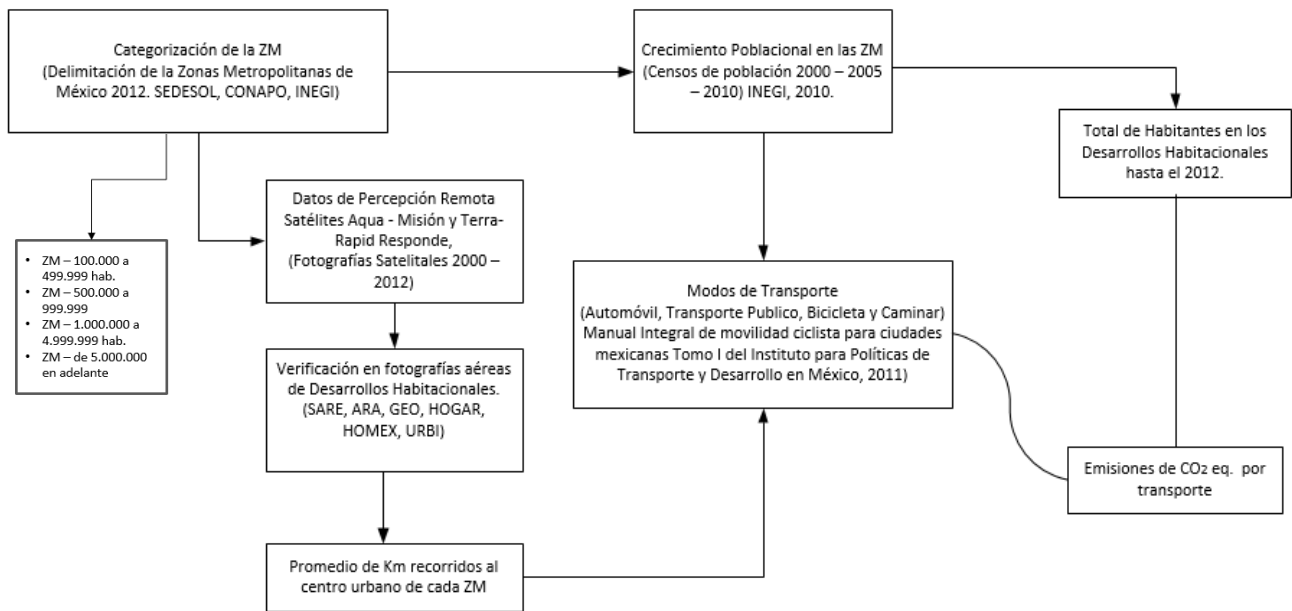
## 2. ELABORACIÓN DE INVENTARIO CICLO DE VIDA DEL TRANSPORTE DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO 2000 – 2012.

### 2.1. METODOLOGÍA

Para la elaboración del ICV, se tomó como base las zonas metropolitanas de México según la actual delimitación de las Zonas Metropolitanas de México (ZMM) de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2012). Las ZMM se tomaron teniendo en cuenta el tamaño de la población de 100 mil a 499.999 mil habitantes, de 500 mil a 999.999 mil habitantes, de 1 millón a 4.999.999 mil de habitantes y de 5 millones de habitantes en adelante.

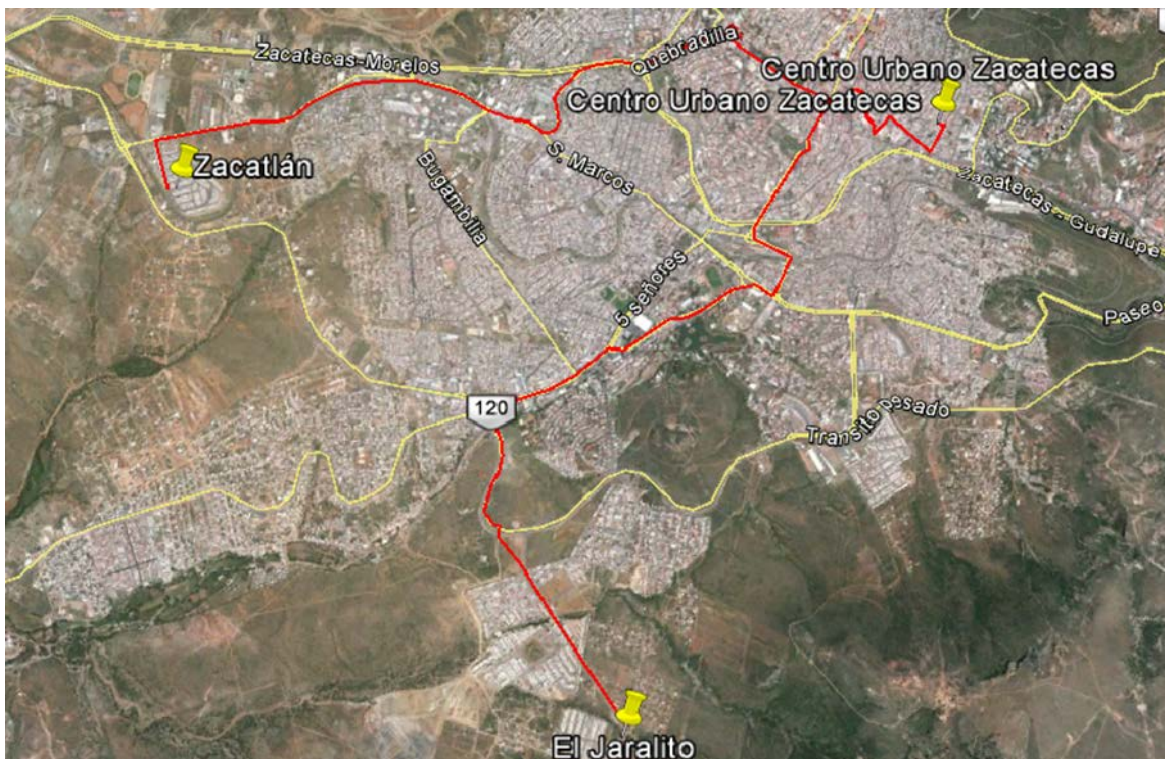
En cada una de las 59 ZM de México se verificó por medio de percepción remota si se encontraban desarrollos habitacionales durante el periodo del 2000 al 2012. En 54 ZM se encontraron Desarrollos Habitacionales de diferentes magnitudes. En la figura 1.4, se observa la metodología que se implementó para determinar las emisiones de GEI que la vivienda de interés social aportó durante el 2000 – 2012.





**Figura 1.4. Metodología aplicada en la elaboración de ICV**  
**Fuente: Elaboración propia.**

En las figura 1.5, 1.6, 1.7 se muestra un ejemplo aleatorio del trabajo realizado con las fotografías satelitales. Se trabajaron con fotografías satelitales del 2000 al 2012 para la verificar el año de construcción de los desarrollos habitacionales y las rutas de traslado hacia los centros urbanos.



**Figura 1.5. ZM Zacatecas población de 100.000 a 499.999**  
**Fuente: Google Earth (2015).**

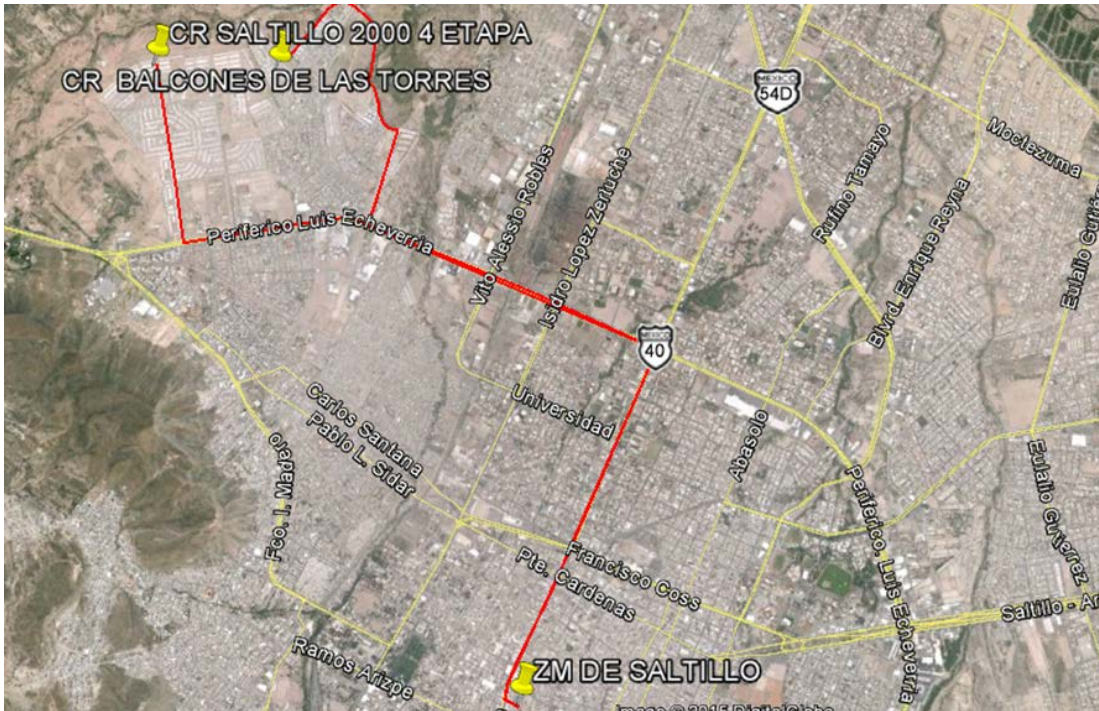


Figura 1.6. ZM Saltillo población de 500.000 a 999.999  
 Fuente: Google Earth (2015).

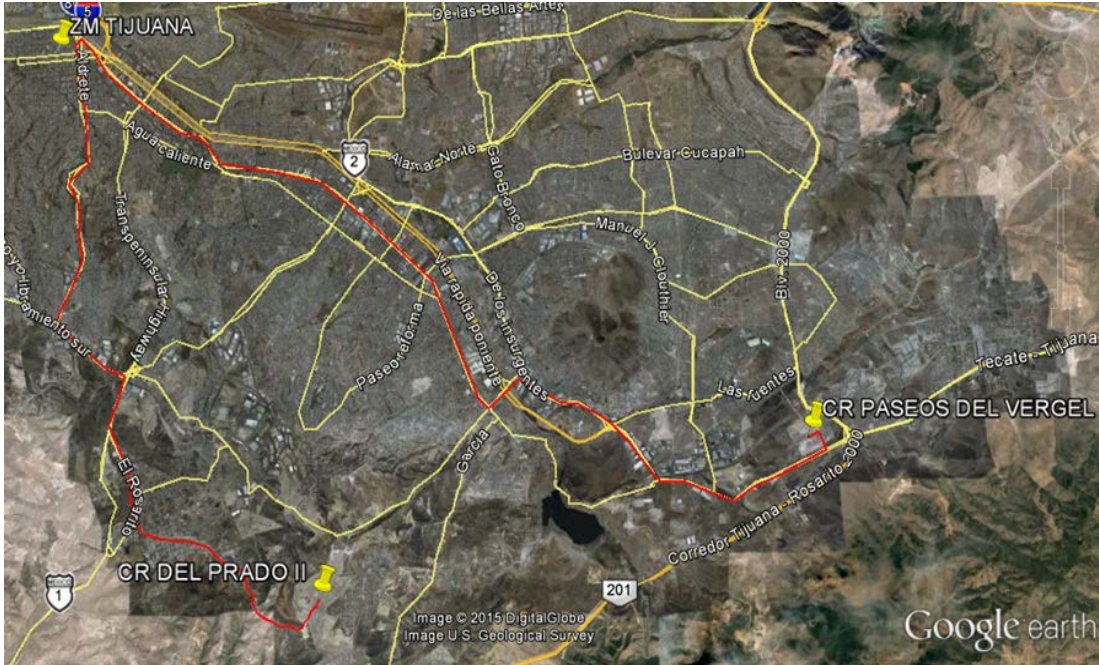


Figura 1.7. ZM Tijuana población de 1.000.000 a 4.999.999  
 Fuente: Google Earth (2015).

Para entender las dinámicas de Movilidad de las ZM de México se tuvo en cuenta el estudio realizado por el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (ITDP México, 2011), este sugiere que el porcentaje de traslados en automóvil es de 24.6%, transporte público 49.5% y transporte no motorizado de 25.9% en México.

Se tomó una muestra representativa de los desarrollos habitacionales construidos durante el periodo de estudio que permitió entender las dinámicas de movilidad de las diferentes ZM de México, se analizaron 295 desarrollos habitacionales que dan un total de 350.000 unidades de vivienda aproximadamente.

Los factores de emisión que se emplearon para calcular las emisiones de GEI por transporte en esta investigación, fueron tomados de un trabajo que realizó el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la elaboración del inventario 2010 de emisiones de GEI, donde se calcula la Huella de Carbono por transporte de la institución (Güereca et al, 2013).

### 3. RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación, en la tabla 1.2, muestran las emisiones de GEI emitidas durante el periodo de estudio, corresponden a la etapa de uso o tiempo de habitabilidad de las viviendas, al respecto se tuvo en cuenta el año de construcción de los desarrollos habitacionales y se determinó un promedio de habitabilidad en la vivienda de seis años, este promedio responde al análisis realizado con la herramientas de percepción remota empleando las fotografías satelitales e información de casos puntuales. Otra razón no menos importante que influyo en el promedio de habitabilidad fue el aumento de vivienda de interés social deshabitada en México, según la OCDE en el 2015 en un estudio titulado *México Transformando la Política Urbana y el Financiamiento de la Vivienda*, ocupa el segundo lugar en vivienda deshabitada con el 14.2% superando incluso países que han salido recientemente de una burbuja inmobiliaria como por ejemplo Irlanda 13.8%, España 13.7% y Portugal 12.5%.

En la tabla 1.2, de muestran los kilómetros que se recorren en la diferentes ZMM, desde los desarrollos habitacionales hasta los centros urbanos donde se desarrollan las principales actividades de los habitantes. Se tomaron en cuenta los kilómetros recorridos en metro en la ciudades que cuentan con este servicio Monterrey, Guadalajara y el Distrito Federal, en particular en estas tres ciudades el porcentaje de uso del servicio público de metro es del 8% según el ITDP México (2011).

Las ZM que más aporta emisiones de GEI por la localización relativa de los desarrollos habitacionales se muestran en la tabla 1.3. La ZM del Valle de México es la que más emisiones de GEI apporto durante la etapa de estudio lo cual no es sorpresa ya que fue una de las ZM que desde el inicio de la política de vivienda urbanizo suelo urbano de bajo costo que se encuentra en la periferia del Distrito Federal.

**Tabla 1.3. Las ZM que más aportaron emisiones de GEI.**

ZM	TOTAL GENERADO DE Gg CO2 eq.
ZM del Valle de México	117,738.15
ZM de Guadalajara	32,192.51
ZM de Monterrey	32,189.83
ZM de Tijuana	20,862.08
ZM de Toluca	13,401.28
ZM de Puebla-Tlaxcala	12,061.65
ZM de Querétaro	10,761.91
ZM de SLP-Soledad de Graciano S.	8,737.81
ZM de Morelia	7,728.22
ZM de Cuernavaca	7,576.54

**Tabla 1.2. Emisiones de transporte en Gg de CO<sub>2</sub> eq de cada ZM de México.**

POBLACIÓN	ZM	CANTIDAD DE KM RECORRIDOS EN AUTOMOVIL	CANTIDAD DE KM RECORRIDOS EN AUTOBUS	CANTIDAD DE KM RECORRIDOS EN METRO (MTY, GDL Y DF)	BICICLETA, CAMINAR	TOTAL GENERADO DE Gg CO <sub>2</sub> eq.
ZM 100.000 - 499.999	ZM de Monclova-Frontera	1,182,829,471.65	2,389,798,320.27	-	1,255,247,602.57	1,970.04
	ZM de Piedras Negras	602,169,399.50	1,216,627,970.41	-	639,036,913.75	1,002.93
	ZM de Orizaba	735,761,052.99	1,486,537,637.67	-	780,807,648.07	1,225.43
	ZM de Minatitlán	1,820,603,976.00	3,678,363,135.19	-	1,932,069,525.56	3,032.27
	ZM de Coatzacoalcos	2,213,031,616.71	4,471,227,143.96	-	2,348,523,348.34	3,685.87
	ZM de Córdoba	1,502,856,129.77	3,036,382,792.80	-	1,594,867,729.55	2,503.05
	ZM de Acayucan	487,988,377.38	985,935,701.23	-	517,865,216.81	812.76
	ZM de Colima-Villa de Álvarez	880,612,401.82	1,779,196,485.32	-	934,527,446.83	1,466.69
	ZM de Tecmán	455,549,972.24	920,396,882.69	-	483,440,786.87	758.73
	ZM de Chihuahua	3,397,286,831.19	6,863,906,046.70	-	3,605,283,984.12	5,658.29
	ZM de Tulancingo	1,225,801,398.11	2,476,619,151.29	-	1,300,850,463.30	2,041.61
	ZM de Tula	767,546,449.53	1,550,757,112.31	-	814,539,089.29	1,278.37
	ZM de Ocotlán	373,009,547.64	753,631,535.03	-	395,846,866.88	621.26
	ZM de Tlanguistenco	2,279,776,549.87	4,606,079,151.77	-	2,419,354,705.98	3,797.04
	ZM de Zamora-Jacona	-	-	-	-	-
	ZM de Cuautla	1,632,707,610.00	3,298,735,783.47	-	1,732,669,300.41	2,719.33
	ZM de Tepic	1,875,619,171.46	3,789,516,285.20	-	1,990,452,998.29	3,123.90
	ZM de Tehuantepec	543,675,935.72	1,098,447,298.71	-	576,962,217.50	905.51
	ZM de Tehuacán	-	-	-	-	-
	ZM de Teziutlán	-	-	-	-	-
ZM de Rioverde-Ciudad Fernández	-	-	-	-	-	
ZM de Guaymas	1,066,472,602.42	2,154,709,951.83	-	1,131,766,843.39	1,776.24	
ZM de Matamoros	-	-	-	-	-	
ZM de Nuevo Laredo	3,241,973,319.17	6,550,109,359.14	-	3,440,461,481.57	5,399.61	
ZM de Tlaxcala-Apizaco	800,074,132.36	1,616,476,308.24	-	849,058,262.91	1,332.55	
ZM de Zacatecas-Guadalupe	1,370,752,417.37	2,769,479,373.87	-	1,454,676,034.76	2,283.03	
ZM de Puerto Vallarta	2,523,111,074.25	5,097,714,211.23	-	2,677,587,262.47	4,202.32	
ZM de La Piedad-Pénjamo	1,056,279,015.35	2,134,114,745.29	-	1,120,949,159.14	1,759.27	
ZM de Aguascalientes	1,992,510,457.09	4,025,684,392.90	-	2,114,500,893.24	3,318.59	
ZM de Mexicali	2,671,712,327.91	5,397,949,397.21	-	2,835,286,552.07	4,449.82	
ZM 500.000 - 999.999	ZM de Saltillo	3,939,020,040.04	7,958,428,244.16	-	4,180,184,532.29	6,560.56
	ZM de Tuxtla Gutiérrez	2,278,002,521.75	4,602,494,890.88	-	2,417,472,063.89	3,794.08
	ZM de San Francisco del Rincón	942,657,460.29	1,904,552,827.94	-	1,000,371,182.35	1,570.03
	ZM de Moroleón-Uriangato	402,129,468.67	812,465,661.18	-	426,749,640.22	669.76
	ZM de Celaya	3,083,087,544.50	6,229,095,242.97	-	3,271,848,006.41	5,134.98
	ZM de Acapulco	4,108,939,867.57	8,301,735,650.81	-	4,360,507,614.57	6,843.57
	ZM de Pachuca	2,774,594,278.98	5,605,812,931.01	-	2,944,467,398.10	4,621.17
	ZM de Morelia	4,640,092,190.05	9,374,880,139.07	-	4,924,179,466.99	7,728.22
	ZM de Cuernavaca	4,549,026,351.01	9,190,889,974.49	-	4,827,538,168.42	7,576.54
	ZM de Oaxaca	1,730,648,487.75	3,496,616,332.40	-	1,836,606,558.43	2,882.45
	ZM de Cancún	4,309,840,988.60	8,707,637,915.75	-	4,573,708,804.23	7,178.17
	ZM de Villahermosa	2,963,388,819.67	5,987,254,962.19	-	3,144,820,788.22	4,935.62
	ZM de Reynosa-Río Bravo	3,423,678,720.20	6,917,228,434.70	-	3,633,291,703.07	5,702.24
	ZM de Veracruz	4,119,465,436.90	8,323,001,597.00	-	4,371,677,606.51	6,861.10
	ZM de Xalapa	2,567,698,925.19	5,187,799,869.26	-	2,724,904,981.83	4,276.58
	ZM de Poza Rica	1,134,410,399.71	2,291,972,032.07	-	1,203,864,097.65	1,889.40
	ZM de Mérida	2,292,504,783.35	4,631,795,378.61	-	2,432,862,219.07	3,818.24
ZM de Tampico	3,455,300,118.63	6,981,116,566.22	-	3,666,849,105.49	5,754.91	
M 1.000.000 - 4.999.99	ZM de Tijuana	12,525,784,746.44	25,307,197,753.01	-	13,292,669,526.84	20,862.08
	ZM de Juárez	4,492,921,810.89	9,077,535,903.64	-	4,767,998,656.46	7,483.10
	ZM de León	4,015,519,238.71	8,112,987,849.64	-	4,261,367,355.37	6,687.97
	ZM de Guadalajara	19,328,676,596.36	39,051,815,980.39	3,124,145,278.43	20,512,064,959.40	32,192.51
	ZM de Toluca	8,046,252,159.17	16,256,713,546.08	-	8,538,879,842.39	13,401.28
	ZM de Monterrey	19,327,069,299.66	39,048,568,585.03	3,123,885,486.80	20,510,359,256.78	32,189.83
	ZM de Querétaro	6,461,547,793.57	13,054,963,909.45	-	6,857,152,760.52	10,761.91
	ZM de SLP-Soledad de Graciano S.	5,246,262,461.90	10,599,591,504.66	-	5,567,462,204.47	8,737.81
	ZM de La Laguna	3,683,509,214.37	7,442,192,086.17	-	3,909,030,186.67	6,135.00
ZM de Puebla-Tlaxcala	7,241,926,933.17	14,631,648,293.54	-	7,685,310,214.79	12,061.65	
ZM 5.000.000 en adelante	ZM del Valle de México	70,691,059,416.12	142,824,793,514.20	11,425,983,481.14	75,019,083,462.00	117,738.15
<b>TOTALES</b>		<b>250,474,727,310.74</b>	<b>506,061,183,750.26</b>	<b>17,674,014,246.37</b>	<b>265,809,914,697.11</b>	<b>417,173.41</b>

En las figuras 1.8, 1.9, 1.10, 1.11 se muestran los kilómetros que se deben recorrer desde la vivienda hasta los centros urbanos diariamente.

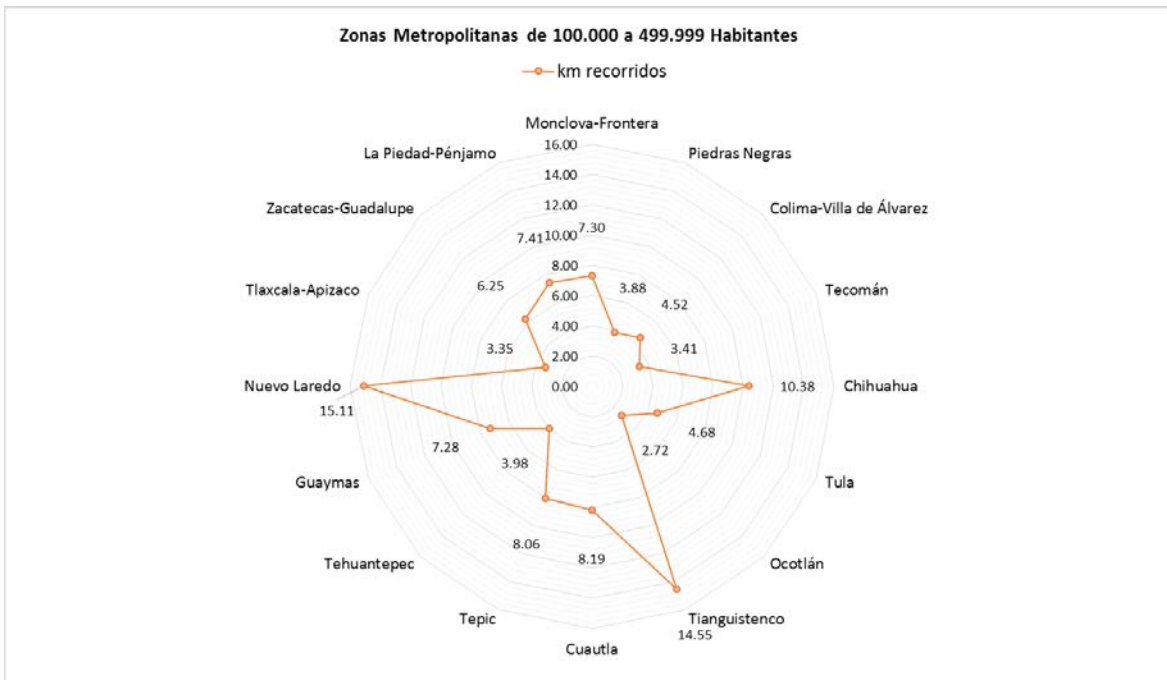


Figura 1.8. ZM de 100.000 a 499.999 Habitantes.

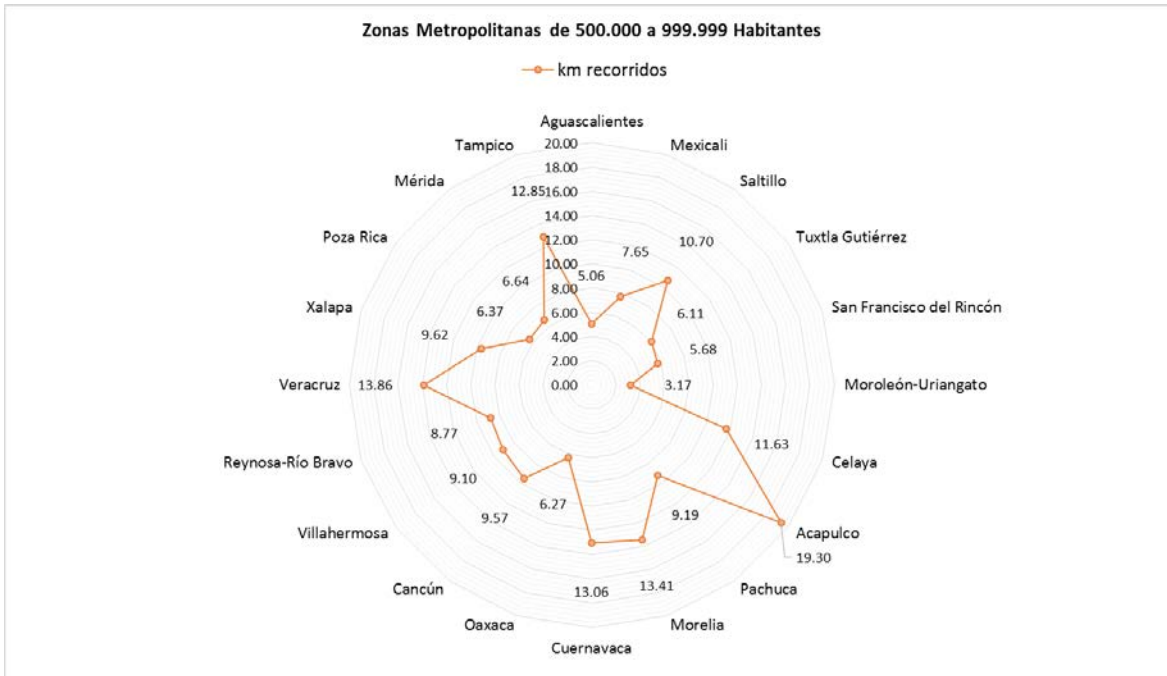


Figura 1.9. ZM de 500.000 a 999.999 Habitantes.

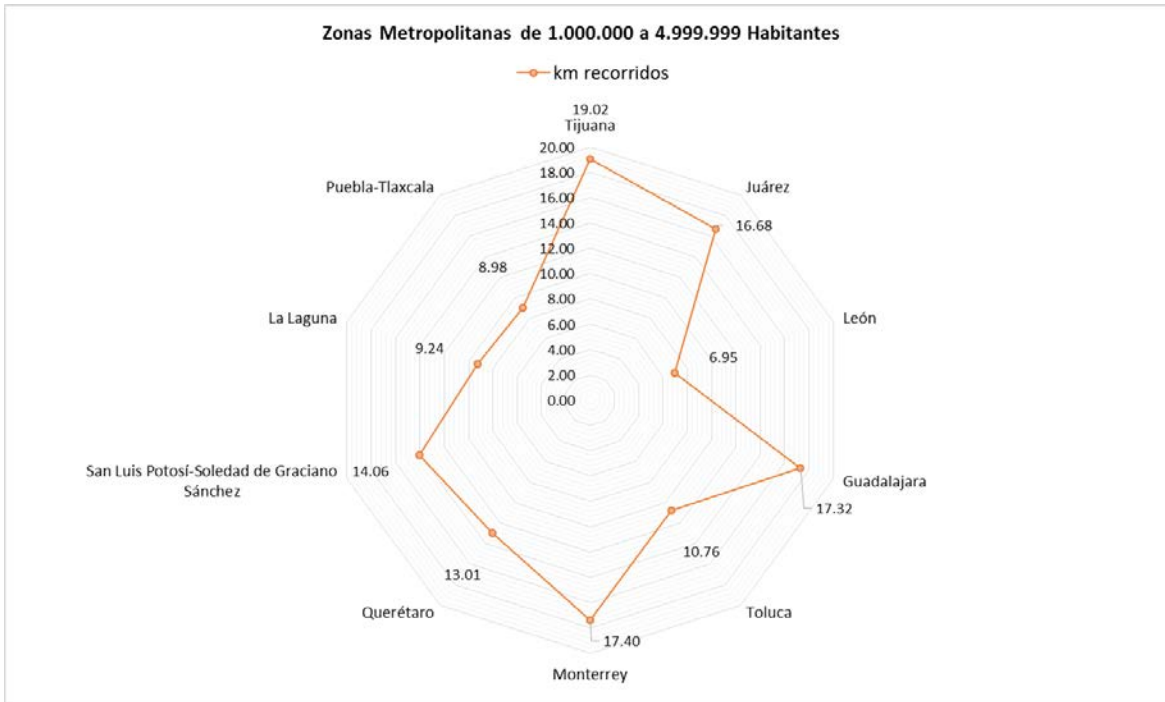


Figura 1.10. ZM de 1.000.000 a 4.999.999 Hab.

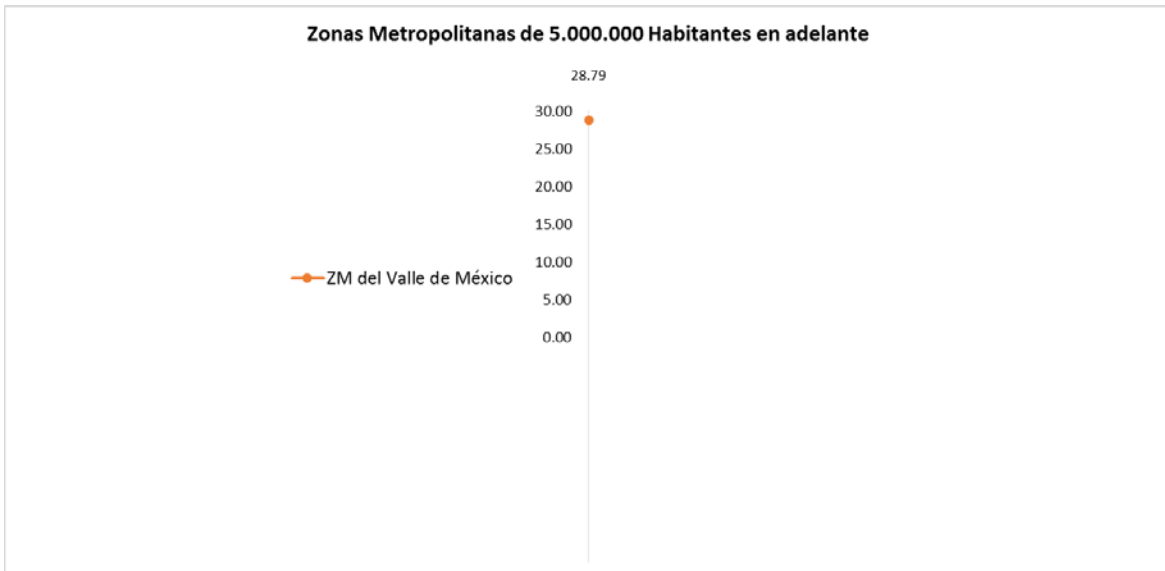


Figura 1.11. ZM de 5.000.000 Hab. en adelante.

En la tabla 1.4, se hace referencia a las cinco ZM que más kilómetros recorren diariamente, según el tamaño de la población, por su acelerado crecimiento urbano y la construcción masiva de desarrollos habitacionales durante el 2000 – 2012.

**Tabla 1.4. Las ZM de México que más aportaron emisiones de GEI según su población.**

Población	Zonas Metropolitanas	Km recorridos
ZM 100.000 - 499.999	ZM de Chihuahua	10.38
	ZM de Nuevo Laredo	15.11
	ZM de Puerto Vallarta	8.43
	ZM de Tianguistenco	14.55
	ZM de Coatzacoalcos	13.10
	ZM de Tepic	8.06
ZM 500.000 - 999.999	ZM de Morelia	13.41
	ZM de Cuernavaca	13.06
	ZM de Cancún	9.57
	ZM de Veracruz	13.86
	ZM de Acapulco	19.30
ZM 1.000.000 - 4.999.999	ZM de Guadalajara	17.32
	ZM de Monterrey	17.40
	ZM de Tijuana	19.02
	ZM de Toluca	10.76
	ZM de Puebla-Tlaxcala	8.98
ZM 5.000.000 en adelante	ZM del Valle de México	28.79

#### 4. CONCLUSIONES

El crecimiento acelerado de las ciudades y de las zonas conurbadas han transformado la forma de organizar y planificar la ciudad. La magnitud de las ciudades aumenta, sin tener en cuenta límites geográficos y políticos, las intervenciones y gobernanza desde el enfoque de ciudad mono céntrica son escasas, las ciudades se desbordan sin control formando aglomeraciones urbanas con diversas centralidades.

Las aglomeraciones urbanas en México han experimentado una expansión territorial superior al ritmo de crecimiento demográfico lo que significa que se ha registrado un crecimiento de baja densidad. Este tipo de expansión origina crecientes demandas de transporte, que comprometen significativamente la sostenibilidad del modelo de desarrollo urbano (ONU-Hábitat, 2012).

El desarrollo urbano ha sido acelerado y disperso en las ZMM no ha propiciado un ambiente que conecte a los habitantes de los desarrollos habitacionales con las oportunidades económicas, la infraestructura social y urbana dejando de lado el desarrollo económico, en la mayoría de casos los patrones de desarrollo de las ciudades mexicanas han trasladado a la población lejos de los puestos de trabajo y servicios, lo que resulta en un aumento de la congestión, la expansión de la mancha urbana, pérdida de la productividad y disminución de la calidad de vida.

La expansión de zonas residenciales suburbanas, lejos del trabajo, sin servicios próximos ni infraestructura de ocio, implica grandes distancias que no permiten rentabilizar un esquema de transporte público; en el caso de estos desarrollos habitacionales se señala que el promedio total de kilómetros recorridos diariamente en la república mexicana por los automóviles y por las bicicletas son muy similares; para el automóvil se recorren 1.474.074,43 kilómetros diarios y en el caso de las bicicletas o caminando, los kilómetros recorridos diariamente son de 1.564.323,89. Lo que demuestra que en esta clase de desarrollos habitacionales el porcentaje de automóvil propio es menor y los trayectos a las terminales de transporte entre otros, deben realizarse caminando o en bicicleta por la localización relativa de los desarrollos habitacionales.

En México el promedio de recorrido de la vivienda de interés social construida durante el 2000 - 2012 es aproximadamente de 20 Kilómetros diarios ida y regreso, con velocidades promedio en horas pico de 11 a 14 Kilómetros por hora según el Concejo Estatal de Transporte y Vialidad (CETyV); en la Zona Metropolitana del

Valle de México el promedio diario es de 60 Kilómetros ida y regreso, con una velocidad promedio entre 8 y 11 km/hora, destinando alrededor de cinco horas del día para los traslados.

El desarrollo urbano en las ZMM ha generado costos ambientales, sociales y económicos para los habitantes de las ciudades mexicanas demandando altos niveles de inversión pública y privada en la periferia urbana la cual es insuficiente para articular los centros urbanos con la periferia urbana, de igual forma ha facilitado el despoblamiento de las zonas centrales y en algunos casos ha contribuido a la segregación social, según el INEGI en el censo del 2010 se reportó que durante la década del 2000 al 2010 en las zonas metropolitanas con al menos 500 mil habitantes las zonas centrales mostraron una disminución en población del 7.5%; en contraste con la densidad de población ubicada a más de 10 Kilómetros del centro de la ciudad aumento en un 6.8% en promedio. En la tabla 1.4 se observa como las ZM con poblaciones de 500 mil hasta 999.999 mil habitantes cuentan con recorridos entre 9 y 19 kilómetros diarios lo cual contribuye notablemente con la generación de GEI.

Las emisiones de GEI generadas del 2000 al 2012 fueron aproximadamente de 417.173.41 Gg de CO<sub>2</sub> eq, lo que represento el 20% aproximadamente de las emisiones de transporte para el mismo periodo a nivel nacional. Lo anterior demuestra que las ciudades mexicanas crecieron durante este periodo de forma horizontal, sin tener en cuenta los impactos ambientales, sociales y económicos que esto produce a los habitantes de los desarrollos habitacionales.

Actualmente según la OCDE en México las cifras en relación a las viviendas deshabitadas es del 14.2 % lo cual ha desencadenado una serie de acciones para evaluar nuevas políticas que desaceleren el abandono de las vivienda ubicadas en la periferia de las ciudades mexicanas. Una de las razones principales por lo que el fenómeno de vivienda ha crecido en un 4% en los últimos años, es la lejana localización de los desarrollos habitacionales de los centros urbanos, esto ha generado que los gastos en transporte aumenten notablemente, si antes se tomaba un transporte ahora es necesario tomar dos y tres rutas de transporte para poder llegar al lugar de destino.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Centro de Investigación y Documentación de la Casa A.C. (CIDCO). (2010). *Estado actual de la Vivienda en México 2010*. Primera Edición. Pág. 80

Eibenschutz, R., Goya, C. (2009). *Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México 1996 – 2006: dimensión, características y soluciones*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Güereca, L., Torres, N., Noyola, A., (2013). *Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in México*. Journal of Cleaner Production, Volume 47, May 2013, Pages 396–403.

-- (2006). *Desarrollo de una Metodología para la Valoración en el Análisis de Ciclo de Vida Aplicada a la Gestión Integral de Residuos Municipales*. Universidad Politécnica de Cataluña.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990 – 2010*. México: INECC, 2013.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2010). Censo de Población y Vivienda

ISO 14044 (2006) *Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework; European Committee for Standardisation*: Brussels, Belgium, 2006.

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública LIX Legislatura (2006). *La vivienda en México: Construyendo análisis y propuestas*.



Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). (2015). *Urban Policy Reviews: Mexico - Transforming Urban Policy and Housing Finance*. <http://www.oecd.org/gov/sintesis-del-estudio-mexico.pdf>

Puebla, C., (2002). *Del intervencionismo estatal a las estrategias facilitadoras. Cambios en la política de vivienda en México*. El Colegio de México.

Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (ONU-Hábitat). (2012). *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe: Rumbo a una nueva transición urbana*.

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2010). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010*.

Torres, R. (2006). *La Producción Social de Vivienda en México, su importancia Nacional y su impacto en la economía de los hogares pobres*. Coalición Internacional para el Hábitat, Oficina Regional para América Latina (HIC – AL).