



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



**RELACIÓN ENTRE FORMA URBANA, MOVILIDAD A
TRAVÉS DE TRANSPORTE MOTORIZADO Y
EMISIONES DE GEI EN TIJUANA, B. C.**

Tesis presentada por:

Dalila Ramos Ortiz

para obtener el grado de

**MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL
DEL AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México

2014

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis: _____

Dr. Tito Alejandro Alegría Olazábal

Aprobada por el Jurado Examinador:

1.- _____

2.- _____

3.- _____

*A mi esposo, Hiram,
y a mi hijo, Darío*

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico que recibí para mi formación profesional. Asimismo, agradezco a El Colegio de la Frontera Norte y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, por la oportunidad que me brindaron al permitirme formar parte del programa de Maestría en Administración Integral del Ambiente. Agradezco de igual forma a los profesores de ambas instituciones por compartir conmigo su conocimiento y por ser un excelente ejemplo.

De manera particular, agradezco al Dr. Tito Alejandro Alegría Olazábal, por haber aceptado ser el Director de esta tesis y por haber sido un gran apoyo tanto para la realización de mi trabajo de investigación como para mi crecimiento académico. Le expreso mi admiración y le agradezco el tiempo dedicado a resolver mis dudas, su gran capacidad de orientación, su visión crítica y su paciencia.

Agradezco a los lectores, el Dr. Boris Graizbord y el Dr. Rigoberto García, quienes con sus comentarios contribuyeron a enriquecer mi trabajo.

Agradezco también al Dr. Moisés Galindo por facilitarme el modelo de emisiones empleado en esta investigación.

En especial, agradezco a mi familia su paciencia, su confianza en mí y su gran apoyo.

RESUMEN

En esta investigación se analiza el efecto de la forma urbana (distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso) sobre la movilidad urbana, específicamente sobre la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado, ya sea público o privado, así como el impacto que dicha relación tiene en la generación de emisiones de GEI por parte del sector transporte. Para llevar a cabo el análisis se utilizaron modelos de regresión con la longitud de viaje como variable dependiente y, como variables independientes, indicadores de las variables de accesibilidad a las zonas de empleo desde los lugares de residencia, y de la demanda de viajes de la población según su ingreso. Las emisiones de GEI fueron modeladas en función de la longitud de viaje empleando un modelo de emisiones del sector transporte adecuado a las características de Tijuana. La base de datos que sustentó el análisis se creó a partir de la encuesta de origen y destino de viajes urbanos del Estudio Integral para la Reestructuración de Rutas del Transporte Público de Pasajeros en el Municipio de Tijuana, B. C. del Implan y de los Censos Económicos 2003 del INEGI. Los resultados indican que, en general, la accesibilidad al empleo influye negativamente sobre la longitud de viaje, mientras solo pudo probarse que la demanda de viajes de la población según su ingreso influye sobre la longitud de viaje en transporte público.

Palabras clave: 1. Forma urbana, 2. Movilidad urbana, 3. Emisiones de GEI, 4. Transporte urbano

ABSTRACT

This research analyses the effect of urban form (distribution in the urban space of the employment density and of the population according to their income level) over the urban mobility, specifically on the average length of travel to work by motorized vehicles either public or private, as well as the impact of this relationship on the amount of GHG emissions produced by the transportation sector. Regression models, with travel length as the dependent variable and with indicators of the variables accessibility to employment from residential areas and travel demand of the population by income as independent variables, were used to perform the analysis. GHG emissions were modeled based on the travel length using a transport sector emissions model suitable to the characteristics of Tijuana city. The database that supported the analysis was created from the travel origin and destination survey of the Integral Research for Restructuring Public Passenger Transport Routes in the city of Tijuana, B. C. (Implan) and the 2003 Economic Census (INEGI). Results indicate that, in general, accessibility to employment has a negative effect on travel length, while it was only possible to verify that the travel demand of the population by income influences travel length by public transport.

Key words: 1. Urban form, 2. Urban mobility, 3. GHG emissions, 4. Urban transport

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema y pregunta de investigación	3
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Justificación.....	6
Hipótesis.....	9
Hipótesis 1	9
Hipótesis 2	9
CAPÍTULO I	
TIJUANA EN SU CONTEXTO	10
1.1 Características físicas	10
1.1.1 Localización geográfica.....	10
1.1.2 Topografía	11
1.1.3 Hidrografía.....	11
1.1.4 Clima	12
1.2 Características socioeconómicas	12
1.2.1 Crecimiento demográfico	14
1.2.2 Población económicamente activa.....	15
1.3 Características urbanas	17
1.3.1 Expansión urbana	17
1.3.2 Densidad poblacional en la ciudad	21
1.3.3 Distribución del empleo.....	22
1.4 Movilidad urbana	24
1.4.1 Vialidades	24
1.4.2 Parque vehicular	27
1.4.3 Movilidad.....	29
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	32

2.1 Forma urbana.....	32
2.2 Forma urbana, movilidad y emisiones	42
2.3 Estudios realizados en México.....	50
2.4 Estudios realizados en Tijuana.....	51
2.5 Estudios sobre emisiones de GEI en la región	55
CAPÍTULO III	
MODELO TEÓRICO	56
3.1 La forma urbana y los patrones de movilidad	56
3.2 Generación de la forma urbana en Tijuana	59
3.3 Características de la movilidad al trabajo en Tijuana	62
3.4 Determinantes de los viajes al trabajo.....	65
3.5 Modelo conceptual	67
CAPÍTULO IV	
ESTRATEGIA METODOLÓGICA: MODELO OPERATIVO	70
4.1 Indicadores	70
4.1.1 Potencial de acceso a empleo	72
4.1.2 Nivel de ingresos de la población.....	73
4.1.3 Variables dependientes: longitud de viaje y tiempo de viaje	74
4.1.4 Ecuaciones de regresión propuestas	75
4.2 Fuentes de información	77
4.2.1 Encuesta domiciliaria de origen y destino de viajes urbanos (Encuesta O-D).....	78
4.2.2 Censos Económicos 2003.....	79
4.2.3 Modelo de emisiones de GEI para el sector transporte (Modelo de emisiones)....	79
4.2.4 Censo General de Población y Vivienda 2000 y Conteo de Población y Vivienda 2005	82
4.3 Delimitación espacio-temporal del estudio.....	83
4.4 Unidades de análisis	84
4.5 Utilización de las fuentes de información.....	85
4.5.1 Objetivos específicos 1 y 2: Encuesta O-D	85
4.5.2 Objetivos específicos 1 y 2: Censos Económicos 2003	86
4.5.3 Objetivos específicos 1 y 2: Censo General de Población y Vivienda 2000.....	86

4.5.4	Objetivo específico 3: Encuesta O-D	86
4.5.5	Objetivo específico 3: Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2005.....	86
4.5.6	Objetivo específico 3: Modelo de emisiones.....	87
4.6	Estimación de los indicadores	87
4.6.1	Potencial de acceso a empleo	87
4.6.2	Nivel de ingreso.....	89
4.6.3	Variables dependientes: longitud de viaje y tiempo de viaje	90
4.6.4	Emisiones de GEI	91
4.7	Interpretación de los modelos de regresión propuestos	92
CAPÍTULO V		
RESULTADOS		93
5.1	Relación entre forma urbana y movilidad urbana	94
5.1.1	Potencial de acceso a la totalidad del empleo (Pae_t)	96
5.1.2	Potencial de acceso a empleo en el sector terciario (Pae_x)	104
5.1.3	Potencial de acceso a empleo en el sector industrial (Pae_y)	112
5.1.4	Nivel de ingreso.....	120
5.1.5	Resultados del modelo: transporte público y distancia	123
5.1.6	Resultados del modelo: transporte público y tiempo.....	128
5.1.7	Resultados del modelo: transporte privado y distancia	133
5.1.8	Resultados del modelo: transporte privado y tiempo	138
5.2	Relación entre movilidad urbana (distancia) y emisiones de GEI.....	146
CAPÍTULO VI		
CONCLUSIONES.....		150
BIBLIOGRAFÍA.....		153
ANEXOS.....		i
	Anexo 1: Indicador de nivel de ingreso.....	i
	Anexo 2: Análisis descriptivo de las variables empleadas.....	xxiv
	Anexo 3: Selección de las variables de potencial de acceso a empleo.....	
	Anexo 4: Sub-modelos de regresión.....	

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 Crecimiento demográfico en Tijuana.....	14
Gráfica 5.1 Emisiones de CO ₂ y CO ₂ equivalente del transporte motorizado en Tijuana (2003-2004).....	148

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 PEA en Tijuana: 2005 y 2013.....	15
Cuadro 1.2 PEA en Tijuana y PEA promedio en ciudades ENOE.....	15
Cuadro 1.3 PEA ocupada por sector de actividad (Tijuana y ciudades ENOE).....	16
Cuadro 1.4 Porcentaje de PEA ocupada por percepción en salarios mínimos.....	17
Cuadro 1.5 Parque vehicular registrado en Tijuana.....	27
Cuadro 1.6 Proporción de vehículos registrados en Baja California por Municipio.....	27
Cuadro 1.7 Vehículos por categoría en Baja California.....	28
Cuadro 1.8 Porcentaje de vehículos de acuerdo a su procedencia.....	28
Cuadro 1.9 Edad del parque vehicular.....	28
Cuadro 1.10 Parque vehicular del transporte público en Tijuana.....	29
Cuadro 4.1 Indicadores de las variables propuestas en el modelo.....	72
Cuadro 4.2 Variables del Modelo de emisiones de GEI para el sector transporte.....	81
Cuadro 5.1 Variables para potencial de acceso a la totalidad del empleo.....	96
Cuadro 5.2 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo total.....	97
Cuadro 5.3 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo total.....	98
Cuadro 5.4 Variables en cada prueba de regresión para Pae_t	99
Cuadro 5.5 Variables para potencial de acceso a empleo en el sector terciario.....	104
Cuadro 5.6 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo terciario.....	105
Cuadro 5.7 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo terciario.....	106

Cuadro 5.8 Variables en cada prueba de regresión para Pae_x	107
Cuadro 5.9 Variables para potencial de acceso a empleo en el sector industrial.....	112
Cuadro 5.10 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo industrial.....	113
Cuadro 5.11 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo industrial.....	114
Cuadro 5.12 Variables en cada prueba de regresión para Pae_y	115
Cuadro 5.13 Variables empleadas para el indicador de ingreso.....	120
Cuadro 5.14 Clasificación de variables en grupos de ingreso promedio.....	120
Cuadro 5.15 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.1) y sus sub-modelos.....	124
Cuadro 5.16 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.5) y sus sub-modelos.....	125
Cuadro 5.17 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.9) y sus sub-modelos.....	125
Cuadro 5.18 Transporte público: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo total” e “ingreso”).....	126
Cuadro 5.19 Transporte público: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”).....	126
Cuadro 5.20 Transporte público: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”).....	127
Cuadro 5.21 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.2) y sus sub-modelos.....	129
Cuadro 5.22 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.6) y sus sub-modelos.....	129
Cuadro 5.23 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.10) y sus sub-modelos.....	130
Cuadro 5.24 Transporte público: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo total” e “ingreso”).....	130
Cuadro 5.25 Transporte público: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”).....	131

Cuadro 5.26 Transporte público: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”).....	132
Cuadro 5.27 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.3) y sus sub-modelos.....	134
Cuadro 5.28 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.7) y sus sub-modelos.....	134
Cuadro 5.29 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.11) y sus sub-modelos.....	135
Cuadro 5.30 Transporte privado: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo total” e “ingreso”).....	135
Cuadro 5.31 Transporte privado: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”).....	136
Cuadro 5.32 Transporte privado: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”).....	137
Cuadro 5.33 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.4) y sus sub-modelos.....	139
Cuadro 5.34 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.8) y sus sub-modelos.....	139
Cuadro 5.35 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.12) y sus sub-modelos.....	140
Cuadro 5.36 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo total” e “ingreso”).....	140
Cuadro 5.37 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”).....	141
Cuadro 5.38 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”).....	141
Cuadro 5.39 Variables significativas en cada modelo.....	143

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.1 Tijuana: Crecimiento urbano 1889 – 2013.....	20
Mapa 1.2 Densidad de población en Tijuana.....	21
Mapa 1.3 Densidad de empleo en Tijuana.....	22
Mapa 1.4 Tijuana: principales vialidades.....	26
Mapa 1.5 Vialidades con los mayores flujos vehiculares	31
Mapa 5.1 Tijuana: emisiones de GEI per cápita en cada zona de transporte.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema de causalidad.....	67
Figura 4.1 Relación entre variables del Modelo de emisiones para el sector transporte....	80

INTRODUCCIÓN

La generación de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) representa un gran problema ambiental debido a que, como bien es sabido, constituye uno de los contribuyentes reconocidos de cambio climático. El sector transporte es, a nivel mundial, responsable de 14 por ciento de las emisiones de GEI¹, y en Baja California dicho porcentaje asciende a 44.84 por ciento². Ante ello, las políticas de desarrollo se han dirigido por lo general hacia la implementación de medidas de mitigación³, atendiendo principalmente las consecuencias del problema, es decir, la disminución de la emisión de contaminantes por parte de los emisores, y no las causas del mismo.

Los principales factores que condicionan las emisiones generadas por el transporte vial son la eficiencia de los vehículos, la eficiencia de los combustibles y los kilómetros vehiculares recorridos (KVR) (Silsbe y Prasetyoadi, 2011) y, aunque es importante atender los dos primeros factores, la cantidad de emisiones proveniente del incremento en los KVR, sobre todo en los países en desarrollo, rebasará por mucho cualquier reducción que se obtenga con medidas dirigidas a disminuir las emisiones por los dos primeros factores (Ídem). Hasta hoy, la principal acción de mitigación que es aplicada para disminuir las emisiones del sector transporte es el cambio tecnológico hacia energías alternativas (como motores híbridos, con gas natural o eléctricos, siempre y cuando la generación de esta electricidad sea limpia). Sin embargo, se presta poca atención al total de KVR en las ciudades⁴, lo cual se relaciona directamente con la longitud promedio de los viajes que se realizan en transporte

¹ Según el World Resources Institute (2006), Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), base de datos en línea versión 3.0, Washington, D. C., World Resources Institute, disponible en <http://cait.wri.org> (Citado en Silsbe y Prasetyoadi, 2011: 69).

² Muñoz y Vázquez (2012).

³ Como la puesta en marcha del Programa de Verificación Ambiental Vehicular en Baja California.

⁴ Cabe mencionar que además de los KVR, el tiempo de los viajes en transporte motorizado también influye en la cantidad de combustible que se consume en la realización de dichos viajes, y por lo tanto en la cantidad de emisiones de GEI que se genera. Es decir, aunque un viaje implique la misma distancia de recorrido, puede consumirse en dicho viaje más combustible si la infraestructura urbana no ofrece una buena conectividad, mientras que puede consumirse menos combustible si la conectividad urbana es buena. En la ciudad de Tijuana, la infraestructura urbana no ofrece una buena conectividad y, debido a ello, la forma urbana es aún más importante.

motorizado⁵. Según el argumento en que se basa el desarrollo de este trabajo de investigación, la longitud promedio de los viajes en transporte motorizado depende en gran medida de cuestiones de la estructura socio-espacial urbana, a diferencia de los otros factores que son considerados como determinantes de las emisiones a la atmósfera, los cuales se encuentran en función de cuestiones técnicas.

En otras palabras, la movilidad urbana de las personas y de las unidades económicas se encuentra sujeta a la estructura urbana que resulta de la localización de la población y de las actividades económicas en la ciudad, por lo que la forma urbana es un factor determinante de los patrones de movilidad y de las externalidades que resultan de dichos patrones. Como bien apunta Graizbord (2011: 32-33), “la forma espacial que adoptan las ciudades en su crecimiento condiciona la movilidad de la población que utilizará los servicios disponibles de transporte y, por lo tanto, producirá contaminación (emisiones de CO₂, entre otras), cuya intensidad estará determinada por un conjunto de variables tanto del lado de la oferta como de la demanda”, por lo que “la forma urbana resulta entonces una variable determinante para alcanzar la sostenibilidad y, en ese sentido, puede decirse que algunas formas espaciales serían ambientalmente más deseables que otras en términos físicos, sociales y económicos”.

Este trabajo se centra en analizar dicha relación entre forma urbana, movilidad urbana en transporte motorizado y emisiones de GEI en la ciudad de Tijuana, específicamente el efecto de la distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso sobre la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado, ya sea público o privado, así como el impacto que dicha relación tiene en la generación de emisiones de GEI por parte del sector transporte. Los resultados de la investigación mejorarán la comprensión sobre los impactos potenciales y las limitaciones de la modificación de la forma urbana de Tijuana con el objetivo de disminuir la distancia promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado y, así, las emisiones de GEI que genera el sector transporte, por lo que pueden contribuir al diseño de políticas públicas ambientales cuyo objetivo sea reducir la cantidad de emisiones de GEI.

⁵ Así como con la ocupación (cantidad de pasajeros por unidad) y con la demanda (cantidad de viajes por vehículo) según Galindo, et al., (2013).

Planteamiento del problema y pregunta de investigación

Desde mediados del siglo XX se dio en Tijuana una combinación de factores geográficos y económicos que causaron un dramático incremento demográfico y, a su vez, una urbanización acelerada y descontrolada. Sin embargo, a pesar del crecimiento del área urbanizada, la distribución de los recursos urbanos, es decir, de los centros de servicios y de los empleos, no se dio de manera equitativa en la ciudad. La distribución de dichos recursos urbanos y la de las viviendas ocurrió mediante dos mecanismos, el de mercado y el institucional, y aunque los habitantes de la ciudad intentaron localizar su vivienda cerca de las áreas dotadas con empleo, no todos los sectores de la población lograron obtener ubicaciones ventajosas (Alegría, 2004).

Por una parte, por el lado de la demanda, la población de ingresos altos ha determinado la cercanía de centros de mayor jerarquía⁶, que concentran el empleo terciario (Alegría, 2004) y, por otra parte, los usos de suelo residenciales que cuentan con una buena ubicación con respecto al empleo, normalmente han sido acaparados por las personas de ingresos altos y medios, pues son quienes por lo general pudieron pagar la renta del suelo⁷, a lo que se sumó la urbanización, en los últimos años, de grandes extensiones de terrenos localizados hacia la periferia de la ciudad, en los que, en general, se localizó una gran cantidad de viviendas, en su mayoría de interés social, y una muy baja proporción de los recursos urbanos (Alegría, 2008)⁸.

⁶ Aunque en Tijuana se han generado en los últimos años zonas periféricas con una creciente densidad de empleos debido al auge industrial, las concentraciones de empleo siguen relacionándose con áreas cercanas en las que la población no tiene ingresos bajos (Alegría, 2004).

⁷ En Tijuana, las invasiones de terrenos se convirtieron en la única opción con que contó el sector de bajos ingresos para localizarse en áreas de la ciudad con niveles positivos de accesibilidad, sin embargo ello por lo general no sucedió así, y el resultado de las invasiones fueron grandes zonas periféricas, alejadas de los centros de trabajo y habitadas por personas de bajos ingresos (Alegría, 2004)

⁸ Ante el déficit de vivienda formal que imperó en la ciudad en décadas pasadas, el gobierno apoyó al sector inmobiliario para la adquisición y urbanización de estos terrenos con el fin de desarrollar nuevos fraccionamientos de vivienda formal. Sin embargo el gobierno dejó en manos del sector privado el diseño urbano de estas áreas, sin incidir en su densidad de empleos y de servicios (Alegría, 2008).

Así, el centro tradicional de la ciudad y sus zonas adyacentes continúan concentrando la mayor parte de las actividades (Alegría, 2004; Aragón, 2008), y las limitaciones del mercado e institucionales afectan principalmente a la población de bajos ingresos, asignándoles una localización predominantemente periférica. Como consecuencia, esta población se ve forzada a realizar viajes cada vez más largos para acceder en general a los recursos urbanos, y de manera más específica al empleo⁹, pues dicho motivo de viaje constituye una de las principales causas de movilidad en las ciudades, y en Tijuana se trata de una motivación ineludible sobre todo para la población con menores ingresos¹⁰. La creciente longitud de las distancias que deben recorrerse para acceder al empleo, además de las dificultades que surgen como consecuencia de la topografía accidentada de la ciudad, vuelven poco viables los traslados en medios de transporte no motorizados, pues ello tomaría mucho tiempo y se traduciría en pérdidas económicas¹¹. El transporte público urbano es utilizado por 60 por ciento de la población, en especial por quienes cuentan con menores ingresos (Maldonado, 2006)¹².

Lo descrito anteriormente sustenta que la estructura urbana de Tijuana tiene un efecto en el transporte, es decir, que incrementa la longitud promedio de los traslados en vehículos motorizados desde el lugar de residencia hasta el lugar de empleo, sobre todo para la población de bajos ingresos. Con base en ello, en esta investigación se pretende analizar el efecto de la estructura urbana en general, y en específico de la forma urbana (distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso) en los patrones de movilidad de las personas (longitud promedio de viaje al trabajo en transporte

⁹ Lo que se traduce en pérdidas económicas y multiplica las pérdidas para un grupo de la población que ya de por sí no cuentan con ingresos altos, de manera que si estas personas cuentan con un vehículo particular, no les es posible solventar uno de modelo reciente. Ello es importante debido a que la contaminación de los vehículos de diez años o más de antigüedad es mucho mayor que la de los vehículos más recientes (Martínez, 2011).

¹⁰ Por una parte Tijuana es una de las ciudades con menor tasa de desempleo en el país y, por otra, en México se puede considerar como ineludible la interacción población-empleo, debido a que no existe un seguro de desempleo. Además, otros motivos de viaje, como por ejemplo el estudiar y el ir de compras, no son ineludibles para la población, sobre todo para la población de bajos ingresos.

¹¹ En general “el objetivo del viajero es minimizar el costo total de trasladarse, incluyendo tanto el costo monetario como el del tiempo” (O’Sullivan, 2009) y, como ya se describió, la mayor parte de los habitantes de estas áreas de la ciudad no cuentan con ingresos altos.

¹² Sin embargo, es importante resaltar que una gran proporción de la población que cuenta con un vehículo particular no cuenta con la capacidad económica de solventar uno de modelo reciente, lo cual es importante debido a que según Martínez (2011), la contaminación de los vehículos de diez años o más de antigüedad es mucho mayor que la de los vehículos más recientes.

motorizado) de Tijuana, para responder la pregunta: ¿Qué efecto tienen las distribuciones espaciales de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso en Tijuana, sobre la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado y, por lo tanto, sobre las emisiones de GEI provenientes de dicha movilidad?

Objetivos

Objetivo general

Analizar el efecto de la forma urbana (distribución espacial de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso) de Tijuana en los patrones de movilidad (longitud de los viajes al trabajo realizados en transporte motorizado) de los habitantes de la ciudad y, por lo tanto, en la cantidad de emisiones de GEI provocada por dicha movilidad.

Objetivos específicos

1. Determinar la longitud de los viajes al trabajo realizados en transporte motorizado, el grado de accesibilidad al empleo y el nivel de ingresos de la población de Tijuana.
2. Analizar los efectos del grado de accesibilidad desde el hogar al empleo por una parte, y de la localización de la población según su nivel de ingreso por otra, en la longitud de los viajes al trabajo en transporte motorizado.
3. Relacionar la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado desde cada zona Tijuana con un aproximado de la cantidad de emisiones de GEI generada por dicha movilidad.

Justificación

Uno de los principales problemas ambientales a nivel global es el incremento de la concentración de GEI en la atmósfera, pues dicho aumento constituye la principal causa del cambio climático (Carabias, et al., 2009). Ante dicha situación, México ha adquirido compromisos internacionales¹³, y se encuentra tomando acciones en busca de mejorar el desempeño ambiental de las ciudades¹⁴. En algunos estados, incluido Baja California, ya han sido elaborados Inventarios de GEI, en los que se han identificado las fuentes principales de estos contaminantes, además de que se han implementado programas de verificación vehicular, en un intento por que el país se unifique con los estándares de países como Estados Unidos y Canadá. Además, existen planes e instrumentos a nivel nacional y estatal, como la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático¹⁵, la Estrategia Nacional de Energía¹⁶, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento¹⁷, el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California¹⁸ y la Ley de Prevención, Mitigación y Adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California¹⁹.

¹³ Como el Protocolo de Kioto firmado el 11 de diciembre de 1997, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005.

¹⁴ En el año 2002 México se encontraba entre los 15 principales países emisores de GEI, contribuyendo con alrededor de 1.5 por ciento de las emisiones globales (Referencia tomada del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012: 259).

¹⁵ Cuyo propósito es guiar las acciones a nivel nacional para combatir el fenómeno de cambio climático y en el cual se plantean metas que incluyen, pero no se limitan a, reducir los GEI a fin de reducir la vulnerabilidad de la población y de los sectores productivos.

¹⁶ La cual incluye dentro de sus objetivos la implementación de acciones de eficiencia en el uso de la energía y reconoce que el sector transporte es la clave para disminuir la demanda energética del país, al representar cerca de la mitad del consumo energético del país.

¹⁷ A través de los cuales se promueven la eficiencia y la sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.

¹⁸ Que contiene un capítulo dedicado al transporte terrestre en Baja California, en el que se determina la contribución de dicho sector al cambio climático y se identifican los impactos, vulnerabilidad y opciones de mitigación y adaptación al cambio climático del sector transporte.

¹⁹ La cual establece que para mitigar las emisiones de GEI, las unidades de transporte público de los centros urbanos deben cumplir con los estándares de emisión y que se promoverán prácticas de eficiencia energética, la sustitución del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables de energía y la transferencia e innovación de tecnologías limpias. Además, uno de los objetivos de la Ley es impulsar el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

A pesar de ello, en Baja California²⁰ el sector transporte constituye la causa principal generadora de emisiones de GEI, contribuyendo con el 44.84 por ciento²¹ del total de dichas emisiones en la entidad (Muñoz y Vázquez, 2012). De continuar con la tendencia de las últimas décadas, se espera que la cantidad de emisiones provocada por el transporte terrestre continúe creciendo en Baja California (Galindo, et al., 2012), siendo el estado especialmente vulnerable al cambio climático debido a que para los próximos 20 años se proyecta, además de un incremento de más de 1°C en la temperatura, una disminución de hasta 15 por ciento en la precipitación pluvial anual, pero con una alta variabilidad, es decir que podría haber varios años con sequías seguidos de varios años con lluvias extremas. Estos cambios podrían tener efectos en la salud, en la disponibilidad de agua y energía, en la agricultura, ganadería y en el turismo (Muñoz y Vázquez, 2012).

Por otra parte, el transporte motorizado genera otros tipos de contaminación, como la relacionada con la salud humana²², la relacionada con la generación de smog fotoquímico y las lluvias ácidas (Alcántara, 2010). Además, los combustibles fósiles que se necesitan para la mayoría de los automóviles compiten con otros requerimientos energéticos²³ (Silsbe y Prasetyoadi, 2011), “el sector transporte es el principal usuario de gasolinas automotrices en Baja California, mismo que consumió hacia 2005 cerca de 78 por ciento del total de gasolinas suministradas a la región” (Muñoz y Vázquez, 2012).

En el caso particular de la ciudad de Tijuana, a pesar de que un alto porcentaje de los vehículos que ahí circulan se encuentran sin registro o registrados en Estados Unidos, la ciudad posee el mayor número de vehículos registrados en Baja California²⁴ (TSTES, 2008),

²⁰ En 2005, las actividades en Baja California generaron 2.4 por ciento de las emisiones totales que el país generó ese mismo año (PEACC-BC, 2012).

²¹ En Baja California, la principal categoría de emisión de GEI es el sector energético con 76 por ciento de las emisiones y, dentro del sector energético, la subcategoría con la mayor contribución es el sector transporte con 59 por ciento de las emisiones (Muñoz y Vázquez, 2012).

²² En general, existe una gran cantidad de estudios científicos que relacionan las emisiones derivadas del tráfico vehicular con efectos adversos para la salud de la población. La mala calidad del aire puede provocar problemas respiratorios y cardiovasculares, cáncer y padecimientos natales (Quintana, et al., 2012).

²³ “Baja California tiene una base energética integrada por derivados del petróleo y electricidad” y “para la generación de electricidad se usa una mezcla que depende cada vez más de combustibles fósiles importados a la región; en particular gas natural” (Muñoz y Vázquez, 2012: 22).

²⁴ De los cuales solo 28 por ciento corresponde al modelo 2001 o posteriores, proviniendo la mayoría del mercado de segunda mano (TSTES, 2008).

por lo que el sector transporte en Tijuana representa una oportunidad para reducir las emisiones de GEI que se generan en el estado. Una de las medidas de mitigación que pueden ser aplicadas para reducir las emisiones del sector transporte, es la disminución de los kilómetros recorridos por vehículo²⁵ (Galindo, et al., 2012), para lo cual es fundamental comprender la influencia de la forma urbana en los patrones de movilidad urbana²⁶.

Los resultados de esta investigación mejorarán la comprensión acerca de la estructura urbana de Tijuana, pues permitirán observar las consecuencias que la localización del empleo y la localización de la población tienen en general en el transporte y, específicamente, en la longitud promedio de los viajes al trabajo. Asimismo, la metodología que será empleada para vincular la forma urbana con las longitudes promedio de viaje y, en función de ello, con las emisiones de GEI, aportará un primer modelo básico, que en el futuro podría ser complejizado, para analizar los impactos potenciales y las limitaciones de la realización de cambios en la forma urbana con el objetivo de disminuir el impacto ambiental de los patrones de movilidad en la ciudad.

Además, una disminución en la longitud promedio de los viajes urbanos al trabajo acarrearía impactos económicos positivos tanto para las familias y negocios de la ciudad, como para el gobierno municipal²⁷. Asimismo, los beneficios económicos para las economías domésticas implicarían mejoras en la calidad de vida de los habitantes (como disminución de estrés debido a los menores tiempos de traslado) y, por lo tanto, en su productividad laboral, lo que beneficiaría a su vez económicamente a las empresas.

²⁵ Lo cual depende de la cantidad promedio de pasajeros por unidad vehicular, de la cantidad de viajes por usuario y de la longitud promedio por cada viaje (Galindo, et al., 2012).

²⁶ Las distancias entre lugares de residencia y de empleo cada vez son más grandes (en los últimos 30 años, la cantidad de kilómetros recorridos en promedio por cada viaje en B. C. ha aumentado de 6.05 a 7.75 km, esto en general para todos los motivos de viaje (Galindo, et al., 2012)) y, a la vez, los traslados con motivo de empleo son ineludibles para la población.

²⁷ Los viajes más largos incrementan el costo de traslado para las personas y los costos de operación para las empresas, a lo que se suma la necesidad de compensar a los trabajadores que viven lejos mediante el incremento de los salarios y, por su parte, el gobierno municipal debe afrontar una mayor presión de uso de las vialidades, lo cual incrementa los gastos de mantenimiento (Alegría, 2008).

Hipótesis

Hipótesis 1

La accesibilidad desde los lugares de residencia hasta las zonas en que se localiza el empleo determina la longitud de los viajes al trabajo a través de transporte motorizado y, por lo tanto, influye en la cantidad de emisiones de GEI generadas por el transporte en Tijuana.

Hipótesis 2

El potencial de demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso (indicado con su distribución) determina la longitud de los viajes al trabajo a través de transporte motorizado y, por lo tanto, influye en la cantidad de emisiones de GEI generadas por el transporte en Tijuana.

CAPÍTULO I

TIJUANA EN SU CONTEXTO

Este capítulo presenta una descripción del contexto en el que la ciudad de Tijuana se ha desarrollado. En primer lugar se presentan las características físicas del territorio, las cuales han tenido gran influencia en la conformación de la estructura espacial urbana de la ciudad. Por otra parte, se describen las características socioeconómicas de Tijuana, las cuales incluyen un acelerado crecimiento demográfico y, en general, una situación de bajo desempleo que ha reforzado aún más el que la población de la ciudad siga aumentando. Asimismo, se vinculan dichas características socioeconómicas a las características urbanas de Tijuana (pues el fenómeno de expansión del área urbanizada fue incentivado principalmente por el gran incremento demográfico), y se describe la distribución de las actividades económicas y de la población en el espacio urbano. Finalmente, se explica la movilidad urbana en un área urbanizada que se caracteriza por vialidades que son utilizadas, más no adecuadas, a las principales consecuencias de las características físicas, sociodemográficas y urbanas: una topografía accidentada, un mercado binacional de vehículos (debido a la localización fronteriza de Tijuana), asentamientos irregulares que fueron producto de un crecimiento demográfico y urbano muy grandes en muy poco tiempo, y una distribución del empleo y de la población influenciada más la economía, por mecanismos de mercado y por la topografía, que por planes estratégicos o por ordenanzas de uso de suelo.

1.1 Características físicas

1.1.1 Localización geográfica

El municipio de Tijuana limita al norte con el condado de San Diego, California, Estados Unidos; al sur, con los municipios de Ensenada y Playas de Rosarito; al este con el municipio de Tecate, y al oeste con el Océano Pacífico. Tiene una superficie de 123,584.08 hectáreas, la cual representa el 1.53 por ciento de la superficie total del estado de Baja California (Piñera, 2006).

1.1.2 Topografía

En la mayor parte del municipio se extiende una sierra de incontables lomeríos, algunos alcanzan alturas de hasta 1,280 metros sobre el nivel del mar, y otros terminan constituyendo las costas acantiladas del Océano Pacífico. Algunas de las alturas significativas son el cerro La Bola, que es el más alto, el Cerro Colorado, el cerro de las Abejas y el cerro del Cuchumá, que es compartido por los municipios de Tijuana y Tecate, y por el condado de San Diego, California. La sierra de San Isidro se ubica en los límites de México y Estados Unidos, y la serranía Kumiai atraviesa de oriente a poniente el municipio, siendo aproximadamente paralela a la antigua carretera Tecate-Tijuana. Dicha serranía forma parte del cauce del río Las Palmas, que desemboca en la presa Abelardo L. Rodríguez. La Mesa de Otay es considerablemente plana, colinda al norte con la frontera con Estados Unidos, al oeste con el río Tijuana y al este con el arroyo El Alamar. El Valle de Tijuana se extiende desde el Cerro Colorado hasta la frontera internacional y es el lecho del río Tijuana. El valle, las altas mesetas y las terrazas laterales que lo limitan forman la accidentada topografía de Tijuana (Ídem).

1.1.3 Hidrografía

La cuenca del río Tijuana ocupa una superficie de aproximadamente 2,840 kilómetros cuadrados, de los cuales dos tercios se encuentran en México y una tercera parte en Estados Unidos. Uno de los principales afluentes del río Tijuana es el río de Las Palmas, que a su vez recibe aguas que nacen en el norte de Ensenada, así como los arroyos Las Calabazas y La Ciénega. Con dichos caudales desemboca en la presa Abelardo L. Rodríguez, de donde sale con el nombre de río Tijuana, en la presa desemboca además el arroyo El Florido. Hacia el norte está el arroyo Campo Creek, que nace en el condado de San Diego y baja para alimentar al río Tecate. En San Diego también está el arroyo Cottonwood Creek, que alimenta al arroyo Alamar, el cual a su vez vierte sus aguas en el río Tijuana. Ya próximo a su desembocadura en el Océano Pacífico, el río Tijuana cruza la línea fronteriza entre México y Estados Unidos, por lo que su cuenca es típicamente fronteriza, tanto en su aspecto hidráulico como espacial (Ídem).

1.1.4 Clima

El clima de Tijuana es predominantemente árido, templado, y seco, o mediterráneo, con veranos cálidos y secos, y lluvias en invierno. La temperatura media anual es de 21° C, y se presentan fuertes vientos que provienen de la Sierra Madre y que, bajo condiciones climáticas adversas pueden superar los 140 km/h. Dichos vientos son conocidos como vientos de Santana, los cuales pueden ser calientes y secos en verano, o fríos y secos en invierno. La precipitación media anual es de 230 mm, mientras que las variaciones más significativas a las condiciones descritas ocurren principalmente por efecto de los fenómenos el Niño y la Niña (Implan, 2010).

1.2 Características socioeconómicas

La ciudad de Tijuana surgió a finales del siglo XIX, estableciéndose en el lecho del Río Tijuana y, posteriormente, debido al desbordamiento del río, fue reubicada al área conocida hoy en día como la Zona Centro de la ciudad. La fecha de fundación de Tijuana es considerada como el 11 de julio de 1889, año en que fue elaborado su primer plano (Implan, 2005). La localización de Tijuana, adyacente a Estados Unidos, ha jugado un papel clave en la estructuración de las características socioeconómicas de la ciudad. Durante sus primeras cinco décadas, las actividades económicas en Tijuana dependieron casi por completo de la demanda de servicios por parte de Estados Unidos²⁸, debido a que, además de ser una ciudad con pocos habitantes, se encontraba casi por completo aislada del resto de México (Piñera, 2006). Entre 1940 y 1950 dicha situación dio un giro, y Tijuana se convirtió en un imán para personas provenientes del centro del país en busca de empleo, especialmente en el sector de la agricultura de Estados Unidos, pues el establecimiento del Programa Braceros²⁹, de 1942 a 1964, les permitía utilizar la ciudad de Tijuana como base de su migración itinerante entre

²⁸ En 1919, el Congreso de Estados Unidos declaró una prohibición nacional de alcohol, por lo que los comerciantes se aprovecharon de la localización fronteriza de Tijuana para ofrecer a los turistas estadounidenses actividades a menudo prohibidas en su país, de manera que la economía de la ciudad se encontraba especialmente asociada al turismo americano (Piñera, 2006).

²⁹ El Programa Braceros tuvo como objetivo solucionar el problema de escasez de mano de obra de Estados Unidos, consecuencia de la incorporación de gran parte de la población estadounidense a las fuerzas armadas durante la Segunda Guerra Mundial (Durand, 2007).

México y el vecino país³⁰. Para 1960, el aumento de población en Tijuana (debido a movimientos migratorios desde el centro del país y al retorno a México de trabajadores mexicanos como consecuencia de la conclusión del Programa Braceros) consolidó a la ciudad como una de las más importantes del país y de la frontera norte y, a pesar de que hacia 1970 México experimentó una desaceleración económica que para 1980 ya era una crisis económica, el crecimiento poblacional en la ciudad durante la década mantuvo la misma tendencia (Garza, 2002). Entre 1980 y 1990 se dio el *boom* del sector industrial, y en la década de los 90's Tijuana se consolidó, junto con Cd. Juárez, como una de las principales sedes maquiladoras del país (Ídem), a lo que se sumó la reforma económica neoliberal que se estableció a partir de 1994 y que incrementó el rezago del medio rural³¹, lo que provocó que las migraciones del campo a las principales ciudades de México, entre ellas Tijuana, continuaran aumentando y, con ello, la población de Tijuana.

A la fecha, el incremento demográfico en la ciudad continúa, pues la población migrante, proveniente de ciudades del centro y sur del país principalmente, se arraiga a la ciudad debido a que en ella se presenta una creciente demanda de fuerza de trabajo. Dicha demanda de fuerza de trabajo continúa en aumento en Tijuana aun en periodos de crisis económicas en el país, lo cual es una consecuencia de su ubicación, pues a la expansión del sector maquiladora³² se suma la presencia de un mercado de trabajo transfronterizo y la continuación de la tradicional prestación de servicios a turistas provenientes de Estados Unidos, quienes aprovechan los menores precios que muchos bienes y servicios tienen en México (Alegría, 2010).

³⁰ Dicho fenómeno sucedió en la mayoría de las ciudades mexicanas localizadas en la frontera con Estados Unidos (Alegría, 2010).

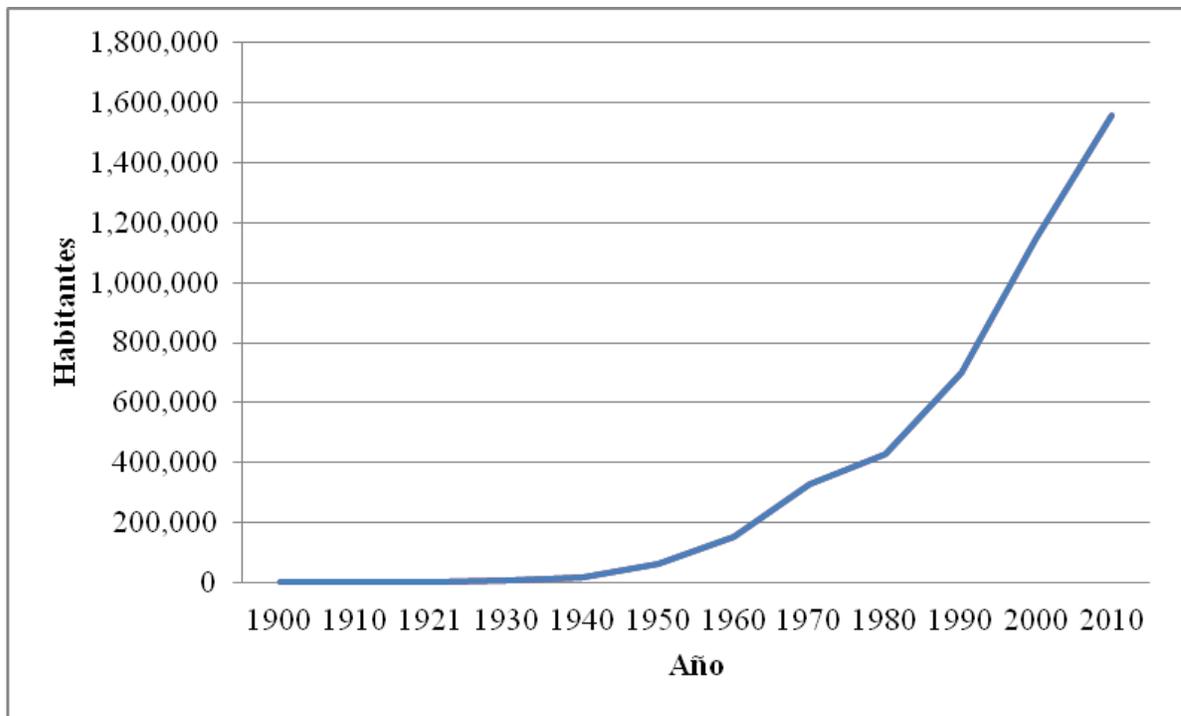
³¹ En 1994 entra en vigencia el Tratado de Libre Comercio (TLC) entre México, Estados Unidos y Canadá. Una de sus principales consecuencias fue la estructuración del sector exportador, que después de dos décadas se convirtió en uno de los mayores generadores del Producto Interno Bruto (PIB) del país y, al mismo tiempo, en un sector prioritario para la asignación de los recursos. Ello ha influido de manera determinante para que los subsidios y apoyos gubernamentales al sector agropecuario sean insuficientes para impulsar su productividad; en este sector los jornaleros ganan los salarios más bajos y los micro-propietarios obtienen beneficios mínimos. Además se reconoce una mayor incidencia de pobreza en el medio rural que en el medio urbano (Ávila, 2006).

³² Las diferencias económicas entre México y Estados Unidos incentivan una mayor inversión de capital estadounidense en las ciudades mexicanas fronterizas debido a que pagar la mano de obra en México es más barato y la cercanía favorece que los intercambios transfronterizos tengan bajos costos de transporte (Alegría, 2010).

1.2.1 Crecimiento demográfico

La población de Tijuana experimentó un gran crecimiento desde su fundación, en el año 1889, lo cual, como se ha descrito, fue provocado en gran medida por la localización fronteriza de la ciudad. En el censo de 1900 se registró una población de 242 habitantes, que para el año 2000, un siglo más tarde, ya se había incrementado a 1'148,681 habitantes, lo que colocó a la ciudad entre las ocho ciudades más importantes del país, y como segunda de toda la franja fronteriza, sólo por debajo de Ciudad Juárez en alrededor de siete mil personas. Durante el siglo XX, el acelerado incremento demográfico que se materializó debido sobre todo a intensos flujos migratorios, causó que para el año 2000 casi la mitad de la población residente de Tijuana estuviera compuesta por personas nacidas fuera de la entidad (Alegría y Ordóñez, 2005). En el año 2005, el municipio de Tijuana contaba ya con una población de 1'410,687 habitantes, y en 2010 dicha población ascendía a 1'559,683 según el INEGI (ver gráfica 1.1).

Gráfica 1.1 Crecimiento demográfico en Tijuana



Fuente: Elaboración propia con datos de Censos de Población INEGI

1.2.2 Población económicamente activa

Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) realizada por el INEGI, en el año 2005 la población económicamente activa (PEA) en Tijuana era de 522,811 personas, lo cual representaba 57.5 por ciento de la población de 14 años y más; de la PEA en 2005, 97.6 por ciento se encontraba ocupada, por lo que la tasa de desocupación era de 2.4 por ciento. Para el año 2013, la ENOE indica que la PEA en Tijuana era de 650,464 habitantes, cifra que representaba 58.5 por ciento de la población de 14 años y más; de la PEA en 2013, 95.1 por ciento se encontraba ocupada, de manera que la tasa de desocupación para dicho año era de 4.9 por ciento (ver cuadro 1.1).

Cuadro 1.1 PEA en Tijuana: 2005 y 2013

	Tijuana: 2005		Tijuana: 2013	
	Población	%	Población	%
14 años y más	908,654		1,111,133	
PEA	522,811	57.5	650,464	58.5
PEA ocupada	510,331	97.6	618,839	95.1
PEA desocupada	12,480	2.4	31,625	4.9

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENOE 2005 y 2013, INEGI

En comparación con el promedio de las 32 ciudades del país en que se lleva a cabo la ENOE, se observa que aunque el porcentaje de PEA en Tijuana se ha mantenido por debajo del promedio, la tasa de desocupación en Tijuana es menor que la tasa promedio, tanto en el año 2005 como en el 2013, lo que indica que en la ciudad se mantiene la tendencia de poseer bajos niveles de desempleo en comparación con otras ciudades del país (ver cuadro 1.2).

Cuadro 1.2 PEA en Tijuana y PEA promedio en ciudades ENOE

	2005		2013	
	Tijuana (%)	Promedio ENOE (%)	Tijuana (%)	Promedio ENOE (%)
PEA	57.5	59.2	58.5	60.1
PEA ocupada	97.6	95.8	95.1	95.0
PEA desocupada	2.4	4.2	4.9	5.0

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENOE 2005 y 2013, INEGI

En cuanto a la distribución por sector económico de la PEA en Tijuana, la ENOE muestra que en el año 2005 33 por ciento de la misma se encontraba ocupada en el sector secundario, mientras que 54.9 por ciento se ocupaba en el sector terciario. Para 2013, el porcentaje de PEA ocupado en el sector secundario disminuyó a 26.7 por ciento y, por su parte, el porcentaje de PEA ocupada en el sector comercio y servicios incrementó a 64.8 por ciento. A pesar de dichas variaciones, la tendencia en la distribución de la población ocupada por sector de actividad se mantuvo y, como lo muestra el cuadro de comparación con las 32 ciudades en las que se lleva a cabo la ENOE, el patrón de especialización de la ciudad de Tijuana se ha configurado hacia la manufactura y los servicios (ver cuadro 1.3).

Cuadro 1.3 PEA ocupada por sector de actividad (Tijuana y ciudades ENOE)

	2005				2013			
	Tijuana (%)	ENOE (%)			Tijuana (%)	ENOE (%)		
		Mínimo	Promedio	Máximo		Mínimo	Promedio	Máximo
Sector primario	0.2	0.2	1.6	9.1	0.2	0.2	1.2	6.3
Sector secundario	33.0	15.2	25.1	40.8	26.8	13.1	23.6	40.0
Sector terciario	54.9	54.9	72.6	84.3	64.8	59.2	74.8	86.5

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENOE 2005 y 2013, INEGI

En relación los salarios percibidos por la PEA ocupada en Tijuana, en 2005 9 por ciento de la población percibía hasta 2 salarios mínimos mensuales (s.m.m.), 55.1 por ciento de la población percibía de 2 a 5 s.m.m., y 21.1 por ciento percibía más que 5 s.m.m. En 2013, el porcentaje de población que percibió de 0 a 2 s.m.m. fue de 21.1 por ciento mientras que 55.8 por ciento de la población percibió de 2 a 5 s.m.m., y el porcentaje de población que recibió más de 5 s.m.m. disminuyó a 11 por ciento. Al comparar dichos porcentajes con los porcentajes de PEA ocupada en cada grupo de ingreso de las ciudades en las que se lleva a cabo la ENOE, puede observarse que en Tijuana se ha mantenido un porcentaje de PEA ocupada con ingresos mayores a 5 s.m.m. similar o mayor al promedio de las ciudades del país, mientras que el porcentaje de población con ingresos menores a los 2 s.m.m. se ha mantenido por debajo del promedio de las ciudades en que se aplica la ENOE, por lo que, en general, se identifican mejores condiciones económicas para la PEA ocupada en Tijuana que

para la PEA ocupada en el resto del país, aunque no está de más resaltar que en los últimos años dichas diferencias han comenzado a ser menos notorias, pues en 2013 el porcentaje de PEA ocupada con un salario mínimo mensual igual o mayor a 5 s.m.m. se encontraba por debajo del promedio para las otras ciudades de le ENOE (ver cuadro 1.4).

Cuadro 1.4 Porcentaje de PEA ocupada por percepción en salarios mínimos

	2005				2013			
	Tijuana (%)	ENOE (%)			Tijuana (%)	ENOE (%)		
		Mínimo	Promedio	Máximo		Mínimo	Promedio	Máximo
0-2 s.m.m.	9.0	9.0	31.6	48.7	21.1	18.8	29.0	49.4
2-5 s.m.m.	55.1	30.3	43.5	60.1	55.8	27.6	43.3	55.8
Más que 5 s.m.m.	21.1	6.6	15.0	24.5	11.0	3.7	11.4	20.3

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENOE 2005 y 2013, INEGI

1.3 Características urbanas

1.3.1 Expansión urbana

De forma paralela con el crecimiento demográfico y económico en Tijuana, se dio la expansión física de la ciudad, la cual fue permeada por las condiciones socioeconómicas predominantes. En su estudio, Ranfla y Álvarez (1986) dividen la expansión urbana de Tijuana desde 1895 hasta 1983 en tres etapas, de las cuales la primera comprende el período de 1895 a 1950 y se caracterizó por la ocupación del área contigua a la garita internacional y sus zonas aledañas, siendo el núcleo de un desarrollo espacial concéntrico lo que actualmente es la Zona Centro de la ciudad. Ello se debió principalmente a la dependencia que la base económica de Tijuana tenía a las condiciones y necesidades de la economía norteamericana, y a que los flujos migratorios desde el interior fueron relativamente bajos hasta finales de la década de los cuarentas. Esto permitió que la forma urbana de Tijuana asimilara funcionalmente a los nuevos llegados desde el interior del país, cuyas expectativas de empleo las constituían el comercio y los servicios a nivel local o la internación a Estados Unidos, así

como a las limitaciones que representó el uso relativamente bajo del automóvil. De tal manera, la expansión durante dicho período fue hacia las áreas adyacentes al núcleo central que eran de fácil adecuación al uso urbano³³, siendo dicho proceso cortado al Norte por la línea internacional, mientras que al Sur se extendió en un radio escasamente superior a dos kilómetros en sus zonas más distantes.

La segunda etapa descrita por Ranfla y Álvarez (1986) comprende los años de 1950 a 1970, y se caracterizó por un rápido incremento de la población, debido a las migraciones desde el interior del país, y por la activación del turismo y del comercio local, así como por el desarrollo y la diversificación de las actividades económicas. El crecimiento de la ciudad reflejó dichas condiciones socioeconómicas, que causaron, por una parte, la expansión del área urbana sobre áreas no aptas y condicionadas debido a los asentamientos irregulares que se establecieron principalmente en áreas geográficamente contiguas a la superficie previamente urbanizada. Por otra parte, la efervescencia económica favoreció el desarrollo de los primeros fraccionamientos privados, en ese momento periféricos y en superficies aptas, así como la implementación de una infraestructura y sistemas de transporte urbano que tuvieron como base el desarrollo de los ejes de comunicación interurbana al Este (dirección de Tecate), el cual experimentó una ocupación urbana no mayor de 500 metros hacia ambos lados de la carretera, y al Oeste (carretera escénica a Ensenada), que favoreció la creación del núcleo potencial del Fraccionamiento Playas de Tijuana. Durante este período la extensión territorial de la ciudad se expandió, con respecto al anterior, en 200 por ciento, conformando un anillo de aproximadamente cinco kilómetros alrededor del núcleo principal, además de las áreas urbanas que se configuraron siguiendo la traza de las nuevas vialidades que adquirieron gran importancia.

Durante la tercera etapa propuesta por los autores, que comprendió el periodo de 1970 a 1983, se distinguieron varios factores que consolidaron la expansión urbana de la ciudad. Por una parte, el incremento de la participación de la actividad industrial con relación al total de la población económicamente activa de la ciudad, contribuyó a la división espacial a

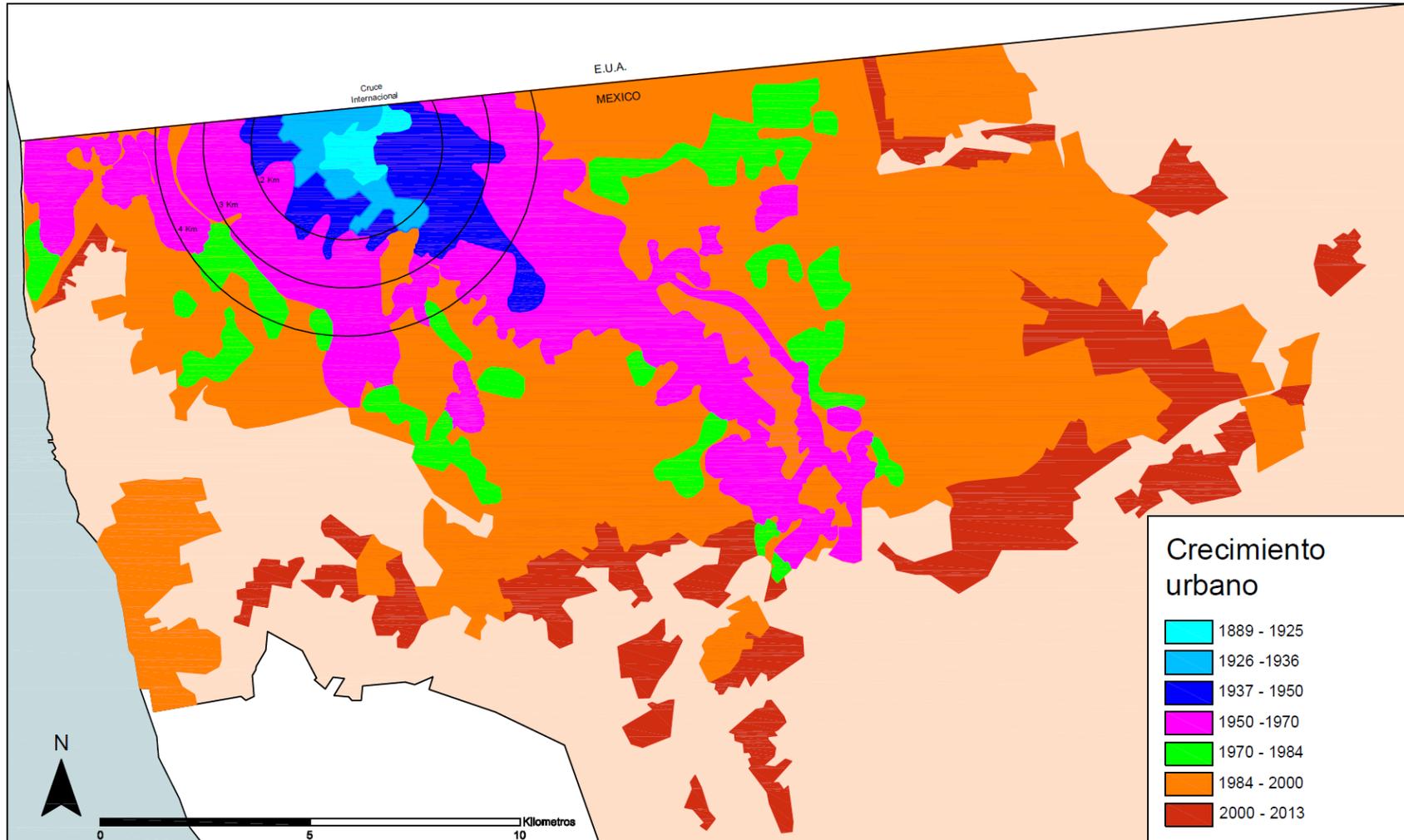
³³ Como Romo (1996) menciona, hasta 1950 la expansión de la mancha urbana no presentó problemas relacionados con la topografía.

través del establecimiento de núcleos secundarios de funciones intraurbanas en la periferia. Al mismo tiempo, la remodelación física y la prolongación de la zona comercial y de servicios a lo largo del Boulevard de Agua Caliente, y el proyecto de infraestructura del Río Tijuana provocaron el ensanchamiento del área de funciones terciarias. Asimismo, los asentamientos irregulares siguieron desarrollándose, sobre todo en los cañones ubicados a lo largo del circuito periférico del suroeste de la ciudad y la carretera libre de Ensenada, continuando con la lógica de localización basada en la contigüidad geográfica. Finalmente, la intervención del Estado en el mercado de producción de suelo urbano, que implementó como estrategia la dotación de funciones industriales, educacionales, deportivas y habitacionales la zona de la Mesa de Otay reorientó la expansión de la ciudad hacia dicha zona.

Según Romo (1996), de 1984 a 1993 se dio un crecimiento del área urbana de 12,650 a 24,903 hectáreas, del cual más de 50 por ciento fue sobre cerros y cañones ubicados hacia el sur de la ciudad, en áreas que estaban consideradas como de preservación ecológica según el Plan de Desarrollo de 1984, lo que provocó problemas de ordenamiento urbano y de dotación de servicios. A la ocupación desordenada y sobre terrenos no aptos o condicionados que distinguió el crecimiento espacial de Tijuana durante las etapas descritas, se suman, por una parte, el desarrollo durante las últimas décadas, de nuevos desarrollos de vivienda, en su mayoría de interés social, hacia la periferia (Alegría, 2008), así como, por otra parte, el establecimiento de una cantidad desconocida de vivienda informal que surge quizá en su mayoría como “invasión hormiga” (lote por lote)³⁴, fenómenos que han provocado un crecimiento expansivo del área urbana hacia la periferia, especialmente hacia el Sur y Este de la zona previamente urbanizada (ver mapa 1.1).

³⁴ Alegría (2009: 242).

Mapa 1.1 Tijuana: Crecimiento urbano 1889 – 2013

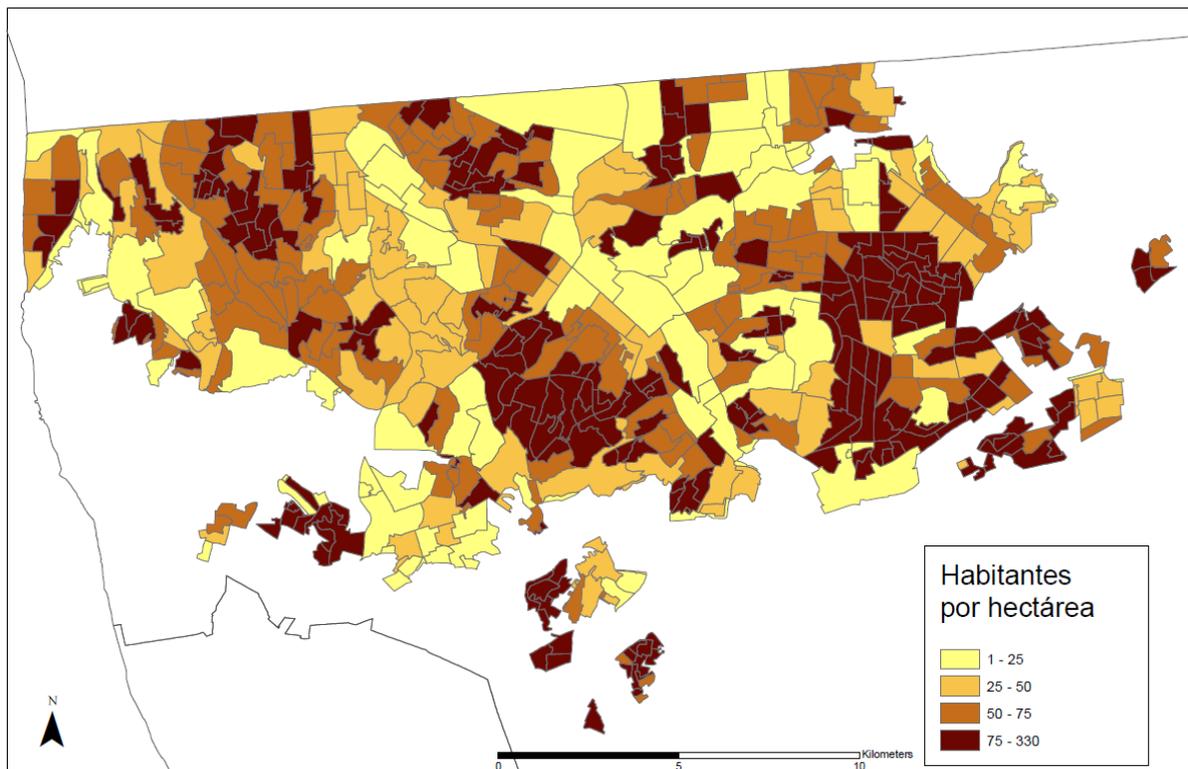


Fuente: Elaboración propia con base en el estudio de Ranfla y Álvarez (1986) y con información de Implan (2010) y del Marco Geoestadístico Nacional 2013, INEGI

1.3.2 Densidad poblacional en la ciudad

En el mapa 1.2 puede apreciarse que la distribución de la población en Tijuana no es homogénea, pues en la ciudad se encuentran zonas densamente pobladas, las cuales muchas veces son aledañas a zonas con muy bajas densidades de población, que pueden ser tanto zonas de comercio y servicios o industriales (ver figura 1.3), como grandes baldíos. Los mayores niveles de densidad de población se encuentran, por una parte, en las zonas tradicionales que están a los lados de las áreas en que se concentra el empleo terciario, así como en varias zonas dispersas. Sin embargo, en los últimos años una creciente densidad de población se ha localizado en zonas periféricas hacia el sureste de la ciudad que se encuentran alejadas del centro urbano tradicional, lo cual puede deberse a la gran cantidad de viviendas que se han construido en los últimos años en los nuevos fraccionamientos.

Mapa 1.2 Densidad de población en Tijuana

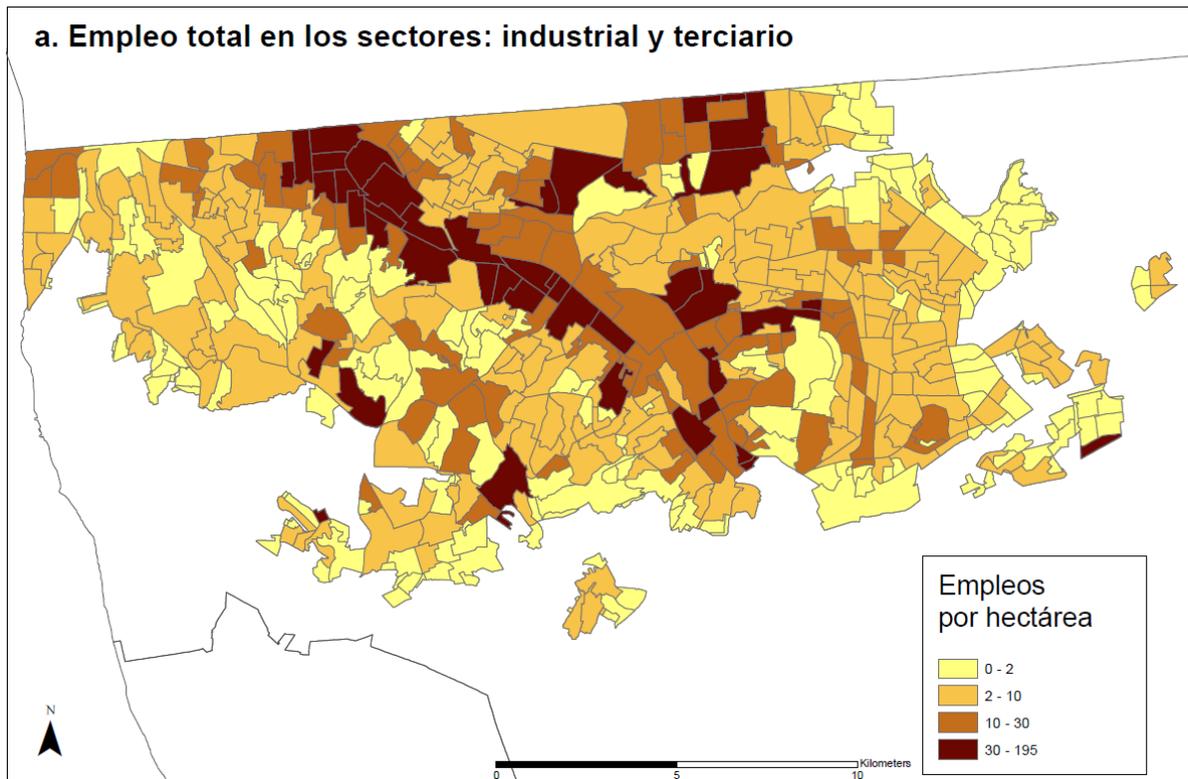


Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

1.3.3 Distribución del empleo

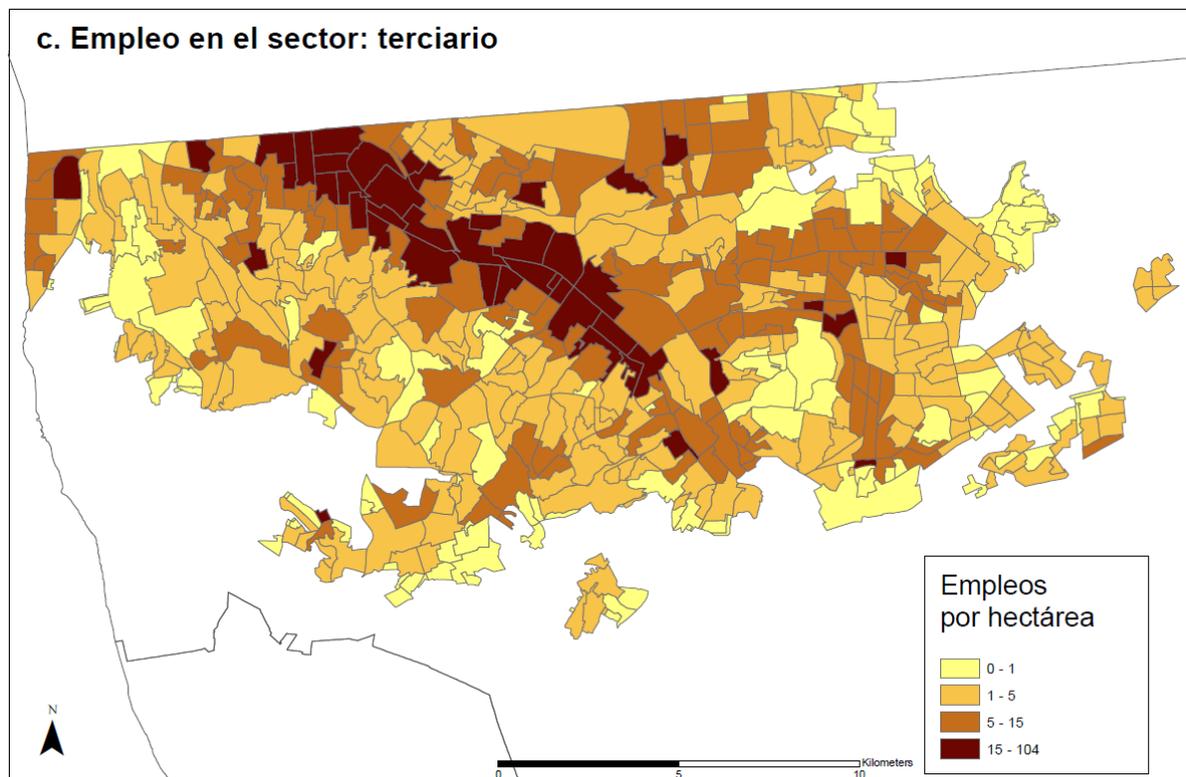
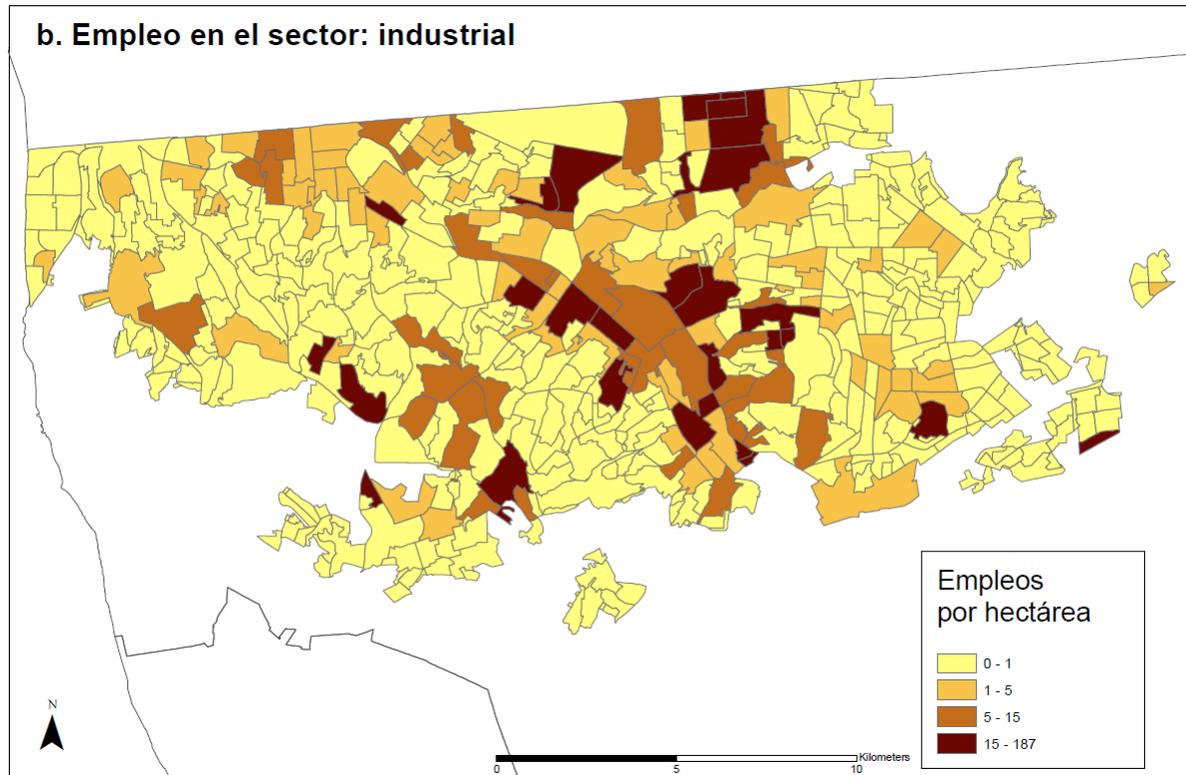
Como puede apreciarse en el mapa 1.3, las mayores densidades de empleo se localizan en las zonas tradicionales, cercanas al centro histórico y a la franja contigua a las principales vialidades que nacen en dicho centro y se extienden sobre el valle del río Tijuana, así como en las zonas colindantes a las garitas internacionales, y en algunas otras zonas dispersas que concentran principalmente empleo industrial. El empleo en el sector industrial presenta mayores densidades en la zona cercana a la garita internacional de Otay, así como en zonas dispersas que tienen buen acceso a las vialidades principales. Por su parte, la mayoría de las densidades altas de empleo en el sector terciario tienen localizaciones centrales, aunque existen algunas pequeñas zonas alejadas del centro urbano que también concentran empleo terciario.

Mapa 1.3 Densidad de empleo en Tijuana



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos Económicos 2009, INEGI

Mapa 1.3 Densidad de empleo en Tijuana
(Continuación)



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos Económicos 2009, INEGI

1.4 Movilidad urbana

1.4.1 Vialidades

El sistema vial de Tijuana está integrado por un conjunto de vialidades que suman 934.84 kilómetros de longitud y 1,844.21 hectáreas de superficie aproximada, y que se clasifican en regionales, intermunicipales y urbanas de acuerdo al ámbito de su administración, y en vialidades de acceso controlado, primarias, secundarias, locales y peatonales de acuerdo a su función. Las vialidades regionales son las cuatro carreteras federales, libres y de cuota, que inciden en el municipio, y que constituyen los principales accesos a la ciudad. Dichas vialidades se localizan en los límites de colindancia municipal con los municipios de Tecate y Playas de Rosarito, son primarias, y las de cuota se consideran de acceso controlado. Debido a su inserción en el área urbana, la Carretera de Cuota Tijuana-Ensenada representa una barrera para la comunicación vial de los asentamientos de la zona. Las carreteras libres Tijuana-Ensenada y Tijuana-Mexicali presentan en algunos tramos características similares a algunas vialidades de la ciudad, como altos flujos vehiculares y congestión vial, además de funcionar como acceso a zonas industriales, desarrollos habitacionales de altas densidades áreas de comercio y servicios adyacentes (Implan, 2010).

El principal problema de las vías primarias de acceso controlado en Tijuana es que no forman circuitos entre sí, lo que dificulta una comunicación eficiente entre los distintos puntos de la ciudad, pues, al ser estas vialidades de circulación continua, deberían ser mejor aprovechadas. Las vialidades primarias son 43, y constituyen los principales ejes a través de los cuales se da la comunicación vial en el área urbana. El principal problema de estas vialidades se relaciona con el transporte público, pues su capacidad se ve disminuida debido a que el transporte público es albergado principalmente por ellas, y ante la falta de infraestructura de apoyo como sitios de ascenso y descenso, y mobiliario urbano adecuado. A ello se suma una falta de sincronización de los semáforos, una limitada presencia de señalamiento, y una inadecuada integración al uso de suelo adyacente, ya sea comercial o de equipamiento. Por su parte, la red de vías secundarias está compuesta por 58 vías de primer

orden y por 236 vías de segundo orden, y su problemática principal es la falta de conectividad con las vías primarias, pues muchos de sus tramos no presentan la definición de su destino, lo cual se debe principalmente a los asentamientos irregulares (Ídem) (ver mapa 1.4).

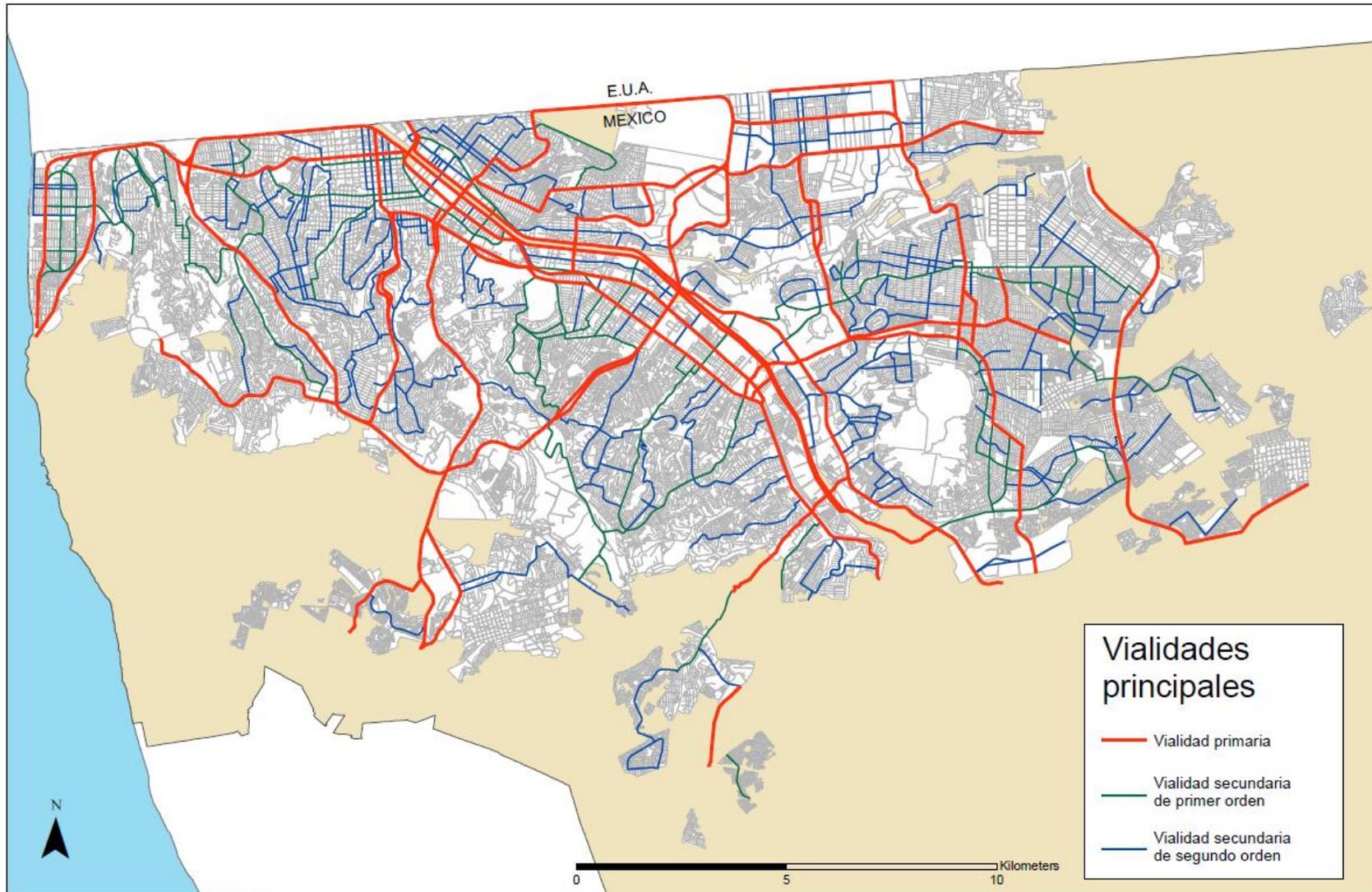
En cuanto a las vialidades locales, su problemática en general es que presentan un alto déficit de pavimento³⁵, las pendientes longitudinales no cumplen con el mínimo en las normas, sobre todo en las colonias populares, y presentan una falta de banquetas e infraestructura de apoyo al peatón. Además, sobre todo en aquellas vialidades localizadas en fraccionamientos de interés social de reciente creación, han proliferado indebidamente los comercios y servicios, lo que implica sección de derechos de vía y características de rodamiento en su superficie distintas (Ídem), ello se debe en general a que dichos fraccionamientos no cuentan con proporciones adecuadas de usos de suelo comercial y de servicios, lo que orilla a sus habitantes a utilizar para ello zonas que originalmente han sido designadas para un uso de suelo habitacional³⁶. Por su parte, las vialidades peatonales tienen una reducida presencia en la ciudad³⁷, y las pocas que existen no se encuentran interconectadas, por lo que la circulación peatonal se encuentra en desventaja con respecto a otros tipos de tránsito (Ídem).

³⁵ Tijuana cuenta con aproximadamente 13 millones de metros cuadrados de vialidades pavimentadas, cifra que significa 60 por ciento de la traza urbana, lo cual implica que 40 por ciento de las calles están sin pavimentar (Aragón, 2008: 21).

³⁶ Los nuevos desarrollos de vivienda presentan reducidos espacios para albergar actividades económicas, por lo que estas actividades resultan insuficientes para atender las necesidades de la población del fraccionamiento. Ello se debe a que, por una parte, el objetivo de los promotores de estos desarrollos es capitalizar con la venta de vivienda y, por otra parte, el reglamento de fraccionamientos no tiene especificidades sobre usos del suelo, y las aportaciones obligatorias de suelo al gobierno local en Tijuana son mínimas (3 por ciento del área urbanizada para escuelas, 3 por ciento para áreas verdes y 10 por ciento sin destino específico). Además, la forma y localización de dichas aportaciones es decidida por el agente promotor (por lo que las los usos de suelo que no son habitacionales por lo general cuentan con las peores ubicaciones), y en algunas ocasiones dichos terrenos son vendidos por el mismo gobierno al agente promotor del fraccionamiento, para ser convertidos en aún más vivienda (Alegría, 2008).

³⁷ Las vialidades peatonales existentes se encuentran en el Centro, Zona Río, Playas de Tijuana y en las zonas cercanas a las garitas de San Ysidro y Mesa de Otay, y en general cumplen funciones de andadores turísticos (Implan, 2010).

Mapa 1.4 Tijuana: principales vialidades



Fuente: Elaboración propia con base en información de Implan (2010) y del Sistema para la Consulta de Información Censal 2010, INEGI

1.4.2 Parque vehicular

En 2012 fueron registrados 489,713 vehículos de motor en Tijuana, según los datos sobre vehículos de motor registrados en circulación del INEGI (ver cuadro 1.5), dentro de los cuales se incluyen automóviles, camiones para pasajeros, camiones para carga y motocicletas, siendo los vehículos particulares los que representan el mayor porcentaje, con 485,454 vehículos, a los que se suman alrededor de 50 mil vehículos que circulan sin registro en la ciudad³⁸, y los vehículos registrados en ciudades vecinas o en otras partes.

Cuadro 1.5 Parque vehicular registrado en Tijuana

	Vehículos	%
Total	489,713	100
Particulares	485,454	99.1
Públicos	4,259	0.9
Oficiales	0	0.0

Fuente: Elaboración propia con base en los Registros Administrativos de 2012, INEGI

Asimismo, del parque vehicular registrado en Baja California, del cual casi la mitad se encuentra registrado en Tijuana (ver cuadro 1.6), la categoría con una mayor proporción de vehículos corresponde a los automóviles particulares, seguida de la categoría camiones y camionetas de carga, después la categoría de motocicletas, y por último la categoría de camiones para pasajeros (ver cuadro 1.7).

Cuadro 1.6 Proporción de vehículos registrados en Baja California por Municipio

	Baja California	%
Total	1,017,113	100
Tijuana	489,713	48.1
Ensenada	123,618	12.2
Mexicali	329,407	32.4
Tecate	40,399	4.0
Playas de Rosarito	33,976	3.3

Fuente: Elaboración propia con base en los Registros Administrativos de 2012, INEGI

³⁸ Según el Implan, se estima, además de los vehículos registrados, la circulación de 48,000 vehículos no registrados (Implan, 2010).

Cuadro 1.7 Vehículos por categoría en Baja California

	Baja California	%
Total	1,017,113	100
Automóviles	764,682	75.2
Camiones para pasajeros	4,491	0.4
Vehículos de carga	237,933	23.4
Motocicletas	10,007	1.0

Fuente: Elaboración propia con base en los Registros Administrativos de 2012, INEGI

En cuanto a la procedencia del parque vehicular que circula en la ciudad, éste se encuentra conformado principalmente por vehículos importados (ver cuadro 1.8), mientras que la mayor proporción del total de vehículos tienen una edad de entre 8 y 12 años (ver cuadro 1.9). Asimismo, alrededor de tres cuartas partes de los propietarios de vehículos los compraron de segunda mano (TSTES, 2008).

Cuadro 1.8 Porcentaje de vehículos de acuerdo a su procedencia

	Nacionales %	Importados %
Autos	20.0	80.0
Vans	14.6	85.4
SUV (Sports Utility Vehicle)	17.9	82.1
Pick ups y estaquitas	23.8	76.2
Camión pasajeros	45.1	54.9
Camión de carga	52.7	47.3
Motocicletas	100.0	0.0

Fuente: TSTES, 2008

Cuadro 1.9 Edad del parque vehicular

Año	Antigüedad	%
1990 y anteriores	18 años o más	8
1991-1995	13 a 17 años	22
1996-2000	8 a 12 años	43
2001 y posteriores	7 años o menos	28

Fuente: TSTES, 2008

Específicamente para el parque vehicular del transporte público, en 2008 éste se encontraba compuesto en poco más de 70 por ciento por taxis y en casi 30 por ciento por vehículos de transporte masivo en las modalidades de autobuses, minibuses y microbuses, según la Dirección Municipal de Transporte Público de Tijuana (Implan, 2010) (ver cuadro 1.10).

Cuadro 1.10 Parque vehicular del transporte público en Tijuana

	Vehículos	%
Total	10,550	100
Taxis libres	3,568	70.61
Taxis con itinerario fijo	1,514	
Taxis sin itinerario fijo	2,367	
Transporte masivo	3,101	29.39

Fuente: Dirección Municipal de Transporte Público (2008), cit. en Implan, 2010: 100

1.4.3 Movilidad

La mayoría de las rutas de transporte público se concentran en la Zona Centro y en el cruce de la 5 y 10 de la ciudad, lo que provoca tráfico y saturación de rutas en ambas zonas, carencia de transporte en zonas alejadas y la necesidad para las personas que se trasladan desde sus viviendas hasta sus empleos y viceversa, de tomar dos o tres autobuses en cada sentido, al no existir estaciones de transferencia (Aragón, 2008). En 2006 el Estudio Integral para la Reestructuración de Rutas del Transporte Público de Pasajeros en el Municipio de Tijuana, B.C. estimó una cobertura para el sistema de transporte público de pasajeros de 91 por ciento del área urbana, que atendía aproximadamente a 60 por ciento de la población total de Tijuana (Implan, 2010), sin embargo, debido a que las rutas de transporte siguen un esquema radial, éstas se traslapan entre ellas y en algunos casos incluso se duplican debido a que persiguen las zonas de mayor demanda, de manera que no se complementan (Ley, 2006). La longitud de trayecto de las rutas de transporte público oscila entre 2.55 y 40.27 kilómetros y, en la mayoría de los casos, los tiempos de recorrido incrementan con respecto a lo estimado ³⁹ debido a diversos factores, como el

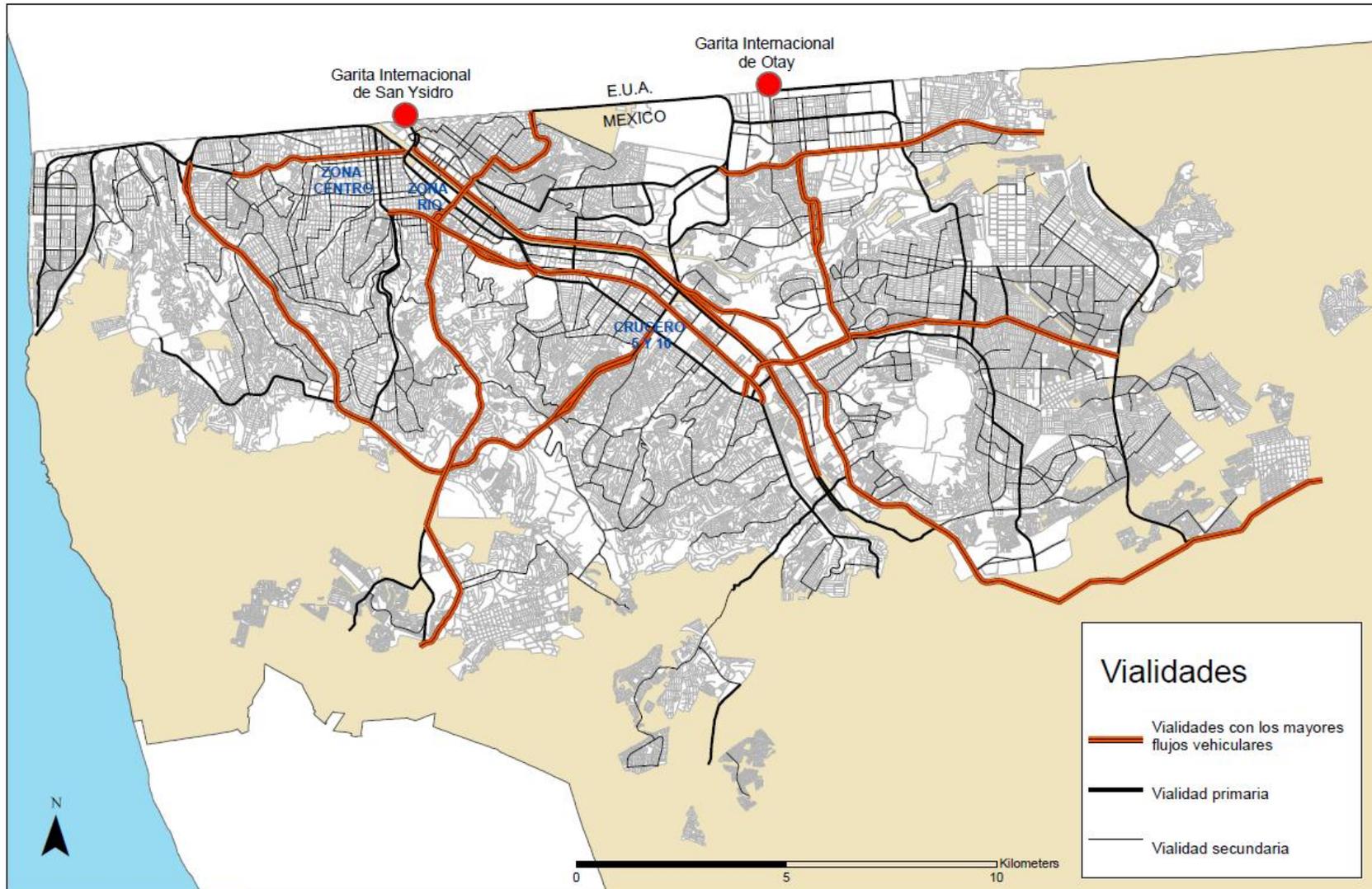
³⁹ Para el transporte masivo, el tiempo de recorrido se estima hasta de una hora; para los taxis se estima un tiempo de recorrido de 5 a 48 minutos, dependiendo de la longitud del viaje (Implan, 2010).

congestionamiento vial vehicular, la calidad del servicio y las condiciones de las unidades, la falta de carriles exclusivos y de infraestructura de apoyo (Implan, 2010), a lo que se añade el hecho de que la definición de las paradas y tiempos de espera se encuentran a criterio del transportista o del usuario del servicio, lo cual a su vez causa la inmovilización de los carriles extremos en las vialidades, pues se han convertido en corredores del transporte público (Ley, 2006).

En Tijuana existen aproximadamente 44 nodos viales conflictivos debido a altos volúmenes vehiculares, y de 2002 a 2005 se identificaron algunas vialidades primarias que duplicaron su aforo vehicular⁴⁰, sin que su sección vial fuera modificada (Implan, 2010). Además, la topografía de grandes pendientes en la ciudad ocasiona discontinuidad vial, lo que se conjuga con la presencia de asentamientos irregulares carentes de pavimentación y con traza irregular, por lo que la estructuración eficiente de las zonas se dificulta y se ejerce gran presión en las vialidades principales (Ley, 2006). Las vialidades que presentan los mayores flujos vehiculares son Vía Rápida Oriente, Carretera federal Tijuana-Ensenada, Carretera Federal Tijuana-Mexicali, Blvd. Rosas Magallón, Blvd. Insurgentes, Blvd. Manuel J. Clouthier, Blvd. Aguacaliente, Blvd. Cuauhtémoc, Blvd. Cuauhtémoc Norte, Blvd. Federico Benítez, Blvd. Industrial, Calle Benito Juárez (2da.), Blvd. Salinas y Blvd. Casablanca, a lo que se suma la presencia de las garitas internacionales de San Ysidro y de Otay (ver mapa 1.5). Las zonas de mayor atracción de viajes en la ciudad son la Zona Centro, la Zona Río y las zonas de los cruces fronterizos (Implan, 2010). La velocidad promedio que se alcanza en la ciudad, según el Programa para mejorar la calidad del aire en Tijuana-Rosarito, es de 40 a 60 kilómetros por hora (Gobierno del Estado de Baja California, et al., 2000: 27).

⁴⁰ Como el Blvd. Insurgentes y el Manuel J. Clouthier; el Blvd. Industrial tuvo también un incremento significativo en su flujo vehicular, con alrededor de 40 por ciento (Implan, 2010).

Mapa 1.5 Vialidades con los mayores flujos vehiculares



Fuente: Elaboración propia con base en información de Implan (2010) y del Sistema para la Consulta de Información Censal 2010, INEGI

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Forma urbana

La forma urbana, definida en este trabajo como la distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso⁴¹, determina en gran medida las relaciones espaciales, económicas y sociales que se dan en una ciudad, es decir, su estructura urbana⁴². La estructura urbana incluye la localización de los usos del suelo en una ciudad, por lo que diversas teorías que han tratado de explicar la estructura espacial urbana han abordado de forma implícita los mecanismos de generación de la forma urbana, al analizar la distribución de las actividades localizadas en el espacio urbano y sus interrelaciones, y generando modelos que tratan de explicar y representar las regularidades observadas en las distribuciones de usos de suelo de las ciudades. Dichos modelos han sido planteados principalmente desde dos perspectivas, la sociológica y la económica, de las cuales se presentan a continuación las principales propuestas.

Desde el enfoque de la sociología, en la década de 1910's se publican y promueven por primera vez los modelos de ecología urbana propuestos por la Escuela de Chicago, que fueron formulados por Burgess, Park y McKenzie. La ecología urbana proponía que las relaciones sociales y espaciales de una comunidad eran producto de un proceso esencialmente biótico de competencia y alojamiento. El modelo propuesto para todas las comunidades era consecuencia de un proceso biótico similar al de los ecosistemas vegetales o animales, que se basaban en un equilibrio entre la competencia individual y la cooperación colectiva. La ciudad constituía un conglomerado de comunidades más pequeñas, que se relacionaban mediante el mismo mecanismo que la ciudad como un todo, y a nivel urbano ello se manifestaba en la forma de segregación social y funcional, por lo que se dividía en

⁴¹ Esta definición de forma urbana está basada en la definición propuesta por Alegría (2009: 165), quien la define como “la distribución espacial de la población residente y de las actividades económicas”.

⁴² Alegría (2009: 111), citando a Bourne (1982) define estructura espacial urbana como “la combinación de la forma urbana con una superposición de patrones de comportamiento e interacción de los agentes dentro de subsistemas ligados por un conjunto de reglas organizacionales dentro de un sistema urbano”.

áreas residenciales, comerciales y financieras. Dichas zonas competían por el dominio comercial y financiero, lo cual daba como resultado el desarrollo de un Distrito Central de Negocios (CBD por sus siglas en inglés) en el núcleo de la ciudad, rodeado por una zona en transición de usos mixtos y enseguida por la zona residencial, distribuida en anillos concéntricos de segregación residencial con una pendiente invertida de dominación social, es decir, con las regiones más pobres rodeando el centro comercial y las zonas más privilegiadas en la periferia exterior (Leidenberg, 2000). Dicho modelo, desarrollado en 1925, se convirtió en el primero de los tres modelos de estructura urbana considerados como clásicos del enfoque sociológico.

El segundo modelo considerado como clásico es el modelo de los sectores de uso de suelo desarrollado por Hoyt en 1939, quien hace la primera crítica constructiva a la teoría de Burgess al añadir la variable direccional para hacer más real el modelo de círculos concéntricos, y lo sustituye por un patrón de usos de suelo de sectores. Este modelo propone que los usos de suelo residenciales se distribuyen en función de las vías de comunicación, de manera que las áreas privilegiadas siguen dichas ubicaciones y, además, algunos usos de suelo se repelen o se atraen entre sí, de manera que el elemento direccional define los contrastes de usos de suelo (Graizbord, 2008). Así, cada sector con uso de suelo relativamente homogéneo se extiende hacia el exterior desde el centro, y los usos de suelo compatibles yacen uno junto al otro, mientras que los usos de suelo incompatibles tienden a mantenerse alejados, lo cual da como resultado que los usos de suelo residenciales se segreguen de acuerdo al nivel de ingreso y a la posición social de sus habitantes y que, por lo tanto, se localicen en distintas áreas de la ciudad (Balchin, et al., 2000).

El tercer modelo clásico es el propuesto en 1945 por Harris y Ullman, llamado modelo de núcleos múltiples. En este modelo se deja de considerar el centro de la ciudad como único núcleo de empleo, y se reconoce que en las ciudades crecen alrededor de un conjunto de núcleos separados, alrededor de los cuales aparecen usos de suelo individuales. Las condiciones, que representan ventajas especializadas, para la localización de dichos núcleos pueden variar, por lo que según este modelo, no hay una única forma espacial sugerida para todas las ciudades, en las que el efecto resultante es uno de tipo mosaico

(Graizbord, 2008). Asimismo, el número de núcleos puede variar, siendo por lo general más grande y con un grado mayor de especialización en áreas urbanas grandes que en ciudades pequeñas (Balchin, et al., 2000).

Por otra parte, desde el punto de vista de la economía, se ha considerado que la distribución de la población y de las actividades económicas en una ciudad se encuentra en función del trade-off entre renta del suelo y costo del transporte, y en la búsqueda de una localización óptima tanto por parte de las empresas como de las economías domésticas, con el objeto de minimizar costos (Hirsch, 1977). Desde la década de 1920's, surgen los primeros trabajos que relacionan los valores del suelo urbano con los patrones de uso de suelo, Hurd (1924) y Haig (1926) proponen en general que el valor del suelo en las ciudades depende de la accesibilidad del área en que se localizan, y que la organización de la ciudad es un reflejo del interés de las familias y de las empresas por mejorar dicha accesibilidad. De tal manera, el transporte se convierte en el medio para lograr una mejor accesibilidad, de forma que “la renta, los costos de transporte y la localización son interdependientes”⁴³ (Graizbord, 2008: 57).

Para autores como Ratcliff (1949) y Berry (1959) la ciudad se ajusta a una estructura urbana que adopta el patrón de uso de suelo más eficiente, lo cual sucede debido a la competencia de los distintos usos de suelo por varias localizaciones, en donde se impone en una localización dada aquel uso que favorezca los mayores rendimientos o aquel que tiene una mayor disposición a pagar la renta que exige dicho lugar, lo cual se relaciona con la naturaleza del uso de suelo⁴⁴. Sin embargo este tipo de planteamientos implicaban una serie de supuestos que no se prueban o que presentaban fallas en el argumento, por lo que dentro de la corriente denominada la “nueva economía urbana” se hicieron notables esfuerzos para elaborar modelos más complejos que los conceptos más o menos simples y mecanicistas de los modelos anteriores, que solo consideraban un conjunto limitado de variables económicas.

⁴³ Aunque por su parte, Richardson (1972, cit. en Graizbord, 2008: 57) consideró que de llevar a sus extremos el principio de minimización de costos de “fricción del espacio”, es decir, de vencer la barrera para lograr una accesibilidad perfecta, se obtendría como resultado una situación sin sentido: la de localizar todo en un solo punto.

⁴⁴ Citados en Graizbord, 2008: 58-59.

Ello dio como resultado análisis en los que se consideraba el uso de suelo⁴⁵ como una consecuencia de la racionalidad económica de los individuos, y la de las empresas e instituciones (Graizbord, 2008).

En la década de 1960's se realizaron los primeros análisis de la estructura urbana desde el punto de vista de la microeconomía, "el análisis microeconómico urbano se basa fuertemente en la teoría de la empresa y en la teoría del consumidor, pero se preocupa de colocar estas teorías en un contexto espacial. Por lo tanto, se basa fuertemente en la teoría de la localización" (Hirsch, 1977: 25). Según la teoría de la localización, las decisiones de los individuos y de las empresas sobre dónde localizarse se encuentran en función de la maximización de su utilidad, aun y cuando su decisión afecte negativamente a otros individuos o empresas, quienes a su vez harán lo posible por minimizar dicha afectación. De tal manera, el punto de balance de los vectores de oferta y demanda determinará la localización, mientras que los individuos y las empresas adoptarán de manera simultánea ambas facetas (Marmolejo, 2004, cit. en Aragón, 2008: 27). Dentro del razonamiento económico a través del enfoque microeconómico pueden distinguirse dos enfoques, el clásico y el neoclásico como reacción al anterior. A su vez, el desarrollo de la teoría neoclásica puede dividirse según Rodríguez-Bachiller (1986, cit. en Graizbord, 2008: 62) en dos períodos, el de los pioneros⁴⁶ y el de la llamada nueva economía urbana, de la década de 1970's.

La corriente intelectual llamada nueva economía urbana logró desarrollar métodos cuantitativos y hacer uso de herramientas matemáticas para resolver el modelo que proponía, a diferencia de los años anteriores en los que el modelo solo se explicaba en términos abstractos. Según Richardson (1977), la nueva economía urbana puede a su vez dividirse en

⁴⁵ En general, se presta mayor atención a la localización de los lugares de residencia y de los lugares de empleo para ofrecer una explicación de la estructura urbana y del patrón de usos de suelo (Graizbord, 2008).

⁴⁶ Dentro del análisis de los pioneros se distinguieron dos perspectivas, por una parte la que partía de la demanda, asociada con autores como Kain, Wingo y Alonso, que consideraron la localización de la población en términos de la maximización de la utilidad y, por otra parte, la que se centraba en la oferta, asociada con autores como Muth y Mills, quienes dieron importancia a la oferta de industrias, vivienda y productos agrícolas, o de bienes y servicios (Graizbord, 2008).

un modelo estándar, que parte de un conjunto de supuestos de estructura urbana⁴⁷ y sus llamadas extensiones, en las que se incorporan nuevas variables⁴⁸. Dentro del modelo estándar, las aportaciones de Alonso (1960; 1964) logran aplicar el modelo agrícola de Von Thünen⁴⁹ para la construcción de una teoría general de la localización de los usos de suelo urbano, “su principal contribución es la formalización explícita, por primera vez, del problema de la localización de los hogares como un problema de maximización de la utilidad sujeta a un presupuesto” (Graizbord, 2008: 64).

El modelo de Alonso plantea, en síntesis, que los usos de suelo con curvas de renta competitiva, o *bid rent curves*⁵⁰, con mayor pendiente ocupan los lugares más centrales, y que las curvas de los negocios son más inclinadas que las de las residencias, y las últimas más que las de la agricultura. Así, en el centro de la ciudad se localizan los negocios, rodeados por los lugares de residencia, que a su vez son rodeados por campos agrícolas. El mismo razonamiento aplica para un mismo uso de suelo, es decir, por ejemplo para dos personas de diferente ingreso que compiten por una ubicación para su residencia, en donde el más pobre tenderá a ubicarse en lugares más centrales debido a que el tamaño del lugar demandado varía enormemente con el ingreso y a que los ricos se ven menos afectados por los costos de transporte, por lo que los ricos se rigen por el precio y los pobres por la

⁴⁷ Dichos supuestos han sido enumerados por Graizbord (2008: 63-64), y se enuncian a continuación: “transporte homogéneo en todas direcciones; un único centro principal; zonificación en áreas de usos mutuamente excluyentes; indiferencia hacia la producción y el comercio; la demanda de vivienda se considera derivada de la demanda de tierra, siendo ésta la que cuenta; el transporte traslada *commuters* y no mercancías; calidad homogénea de la tierra; la externalidades se consideran un elemento que afecta la utilidad de las familias y generalmente se supone, explícita o implícitamente, un sector público; proceso de competencia perfecta entre unidades individuales independientes (ya sea entre diferentes unidades del mismo uso o de diferente uso); modelo estático que enfatiza el equilibrio a largo plazo; y funciones continuas diferenciadas para presentar todas las relaciones en el modelo.

⁴⁸ Como grupos de diferentes ingresos, grupos étnicos, transporte, ciudades polinucleares, bienes públicos, entre otras (Rodríguez-Bachiller, 1986, cit. en Graizbord, 2008: 64)

⁴⁹ El modelo de Von Thünen para usos de suelo agrícola a escala regional es el más antiguo basado en un lugar central, que es la zona de mercado, y sus impactos concéntricos en torno a usos de suelo. La relación entre accesibilidad, usos de suelo y valores del suelo fue expuesta por primera vez en este modelo, que considera los costos de transporte como factor determinante del costo de localización, es decir, cuando los costos de transporte son bajos los costos de localización son altos, y viceversa (Rodríguez, 2013). Esto da como resultado un modelo concéntrico, en el que el mercado se localiza al centro y las zonas de producción a distintas distancias del mismo, con un gradiente en la renta del suelo, cuyo costo disminuye al aumentar la distancia al mercado (Sinclair, 1967).

⁵⁰ “El término *bid rent*, acuñado por Alonso, representa el precio de la renta que el agricultor está dispuesto a pagar en subasta por la tierra en las diferentes ubicaciones (Alonso, 1960: 151). Como explica Richardson (1971: 30), se trata de una función hipotética que muestra cómo varía el precio de la tierra con la distancia, de manera que se obtengan las mismas ganancias sin importar la localización” (Citado en Graizbord, 2008: 67).

ubicación. Así, la accesibilidad se comporta como un bien inferior, pues su consumo disminuye con el incremento del ingreso (Alonso, 1964, cit. en Graizbord, 2008: 67-68).

El modelo monocéntrico estándar, que fue dominante entre 1960 y finales de la década de 1980s, resultó de las propuestas de Alonso (1964), Muth (1969) y Wingo (1961) y, de manera simplificada, es circular y presenta dos grandes tipos de usos de suelo, el de empleos y el residencial, en donde los empleos se localizan en un círculo central (Alegría, 2009). Las familias y los negocios incurren en costos de transporte debido a su necesidad de acceder al centro y, debido a una restricción presupuestal, gastan más en suelo cerca del centro si prefieren ahorrar en transporte, o gastan más en transporte si prefieren ahorrar en suelo al localizarse más lejos del centro. Dicho balance entre costo de traslado y renta del suelo es llamado *trade-off*, y las familias y los negocios se localizan en el lugar en que el costo marginal de transporte, que es constante en cualquier localización, y el ahorro marginal en suelo, que decrece desde el centro hasta la periferia, son iguales, lo cual ocurre a diferente nivel y diferente distancia del centro para cada actividad o grupo de ingreso poblacional, por lo que cada uno de ellos tendrá una ubicación particular (Ídem).

Las críticas al monocentrismo son muchas, la forma urbana que el modelo plantea fue alterada por la descentralización del empleo y por la suburbanización y la dispersión residencial, lo cual causó que alrededor de los 1980s la teoría que se había producido resultara insuficiente para explicar las ciudades modernas (Graizbord, 2008). Puede decirse que uno de los desafíos más importantes al modelo monocéntrico tiene que ver con la necesidad de analizar las ciudades a partir del reconocimiento del contexto socioeconómico, cultural y político en que se sitúan, hay al parecer “un acuerdo entre los analistas en que las condiciones sociales, culturales, económicas y tecnológicas⁵¹ actuales han modificado en forma drástica los procesos urbanos, los patrones de distribución de personas, actividades y funciones” (Ídem). Según Harris (1997: 18, cit. en Graizbord, 2008: 78), existe la necesidad de crear modelos sobre la expansión de la periferia de las ciudades, con el objetivo de explicar los patrones de dichas áreas, que complementan los modelos sobre la ciudad central,

⁵¹ Según Ascher (2004: 58-60, cit. en Graizbord, 2008: 81), las tecnologías de transporte y comunicación tienen un efecto profundo en las formas de movilidad: “las telecomunicaciones contribuyen a transformar el sistema de movilidad urbana de bienes, información y personas y dan lugar a nuevas estructuras espaciales”.

y cuyos patrones son definidos por su relación con otras partes de la propia periferia y no por la distancia al centro.

Una de las conclusiones de Berry y Kim (1993, cit. en Graizbord, 2008: 75) sobre el modelo es que no comprende la naturaleza multimodal del espacio urbano, ni la interdependencia de la elección del lugar de trabajo, la ubicación residencial y la propiedad de la vivienda. Alegría (2009: 58-59) destaca que el modelo es inútil para analizar el consumo en comercios y servicios debido a que solo considera el empleo; no explica la localización de las actividades económicas en el centro geográfico de la ciudad; supone una competencia perfecta en los mercados urbanos, por lo que no considera las externalidades que permiten la aglomeración y la formación de otros centros; no puede prever la dispersión de los empleos fuera del centro ni la formación de subcentros; deja de lado los viajes con motivos distintos al de acceder al empleo, y; solo considera una actividad económica, el empleo, por lo que no diferencia los factores de localización de las distintas actividades.

Además, autores como Knox (1991: 187) y Bordieu (1997: 78) sugieren que la diferenciación social y la búsqueda de estatus por parte de las clases privilegiadas y de los comercios y oficinas son las causas que determinan la distribución de los usos de suelo, al estos grupos elegir localizaciones que representan un bien que dado su costo solo pueden consumir los estratos sociales privilegiados y, así, rechazan las explicaciones tradicionales de la teoría de la localización, en las que se basa el modelo monocéntrico (Citado en Graizbord, 2008: 79 y 80).

Las debilidades del modelo monocéntrico dieron pie al surgimiento de teorías alternativas que trataban de explicar la distribución de los usos de suelo en las ciudades, de las cuales una de las más difundidas es la teoría microeconómica de enfoque neoclásico que trataba de extender la lógica del trade-off entre costo de transporte y renta del suelo del modelo monocéntrico a modelos policéntricos. Dichos modelos pueden dividirse en dos tipos según White (1999, cit. en Alegría, 2009: 59), aquellos que consideran los subcentros como determinados exógenamente, y aquellos que los consideran como determinados endógenamente. Los primeros suponen que la renta del suelo, densidad y salario se derivan

de la preexistencia de centros, y conceptúan los centros como lugares de empleo y no de consumo, es decir, solo toman en cuenta una actividad económica representativa. Los segundos modelos son más complejos que los primeros, consideran que los centros pueden aparecer en cualquier parte y en un número no predeterminado y, por lo general, sugieren que los determinantes más importantes de la dispersión del empleo y la formación de subcentros y usos del suelo mixtos están del lado de la oferta, es decir, consideran las desventajas de la aglomeración en el CBD, los costos de transporte de las personas y el tamaño de la población (Alegría, 2009).

Sin embargo, la mayoría de los modelos policéntricos no toman en cuenta la demanda⁵², ni cuentan con una definición operativa de subcentro, por lo que presentan dificultades para su operacionalización (Ídem). Ante dichas dificultades, aparecen algunas definiciones empíricas para identificar los subcentros, como la propuesta por McDonald (1987, cit. en Alegría, 2009: 61) que considera los indicadores de densidad bruta de empleo y tasa de empleo a población residente. En el trabajo de McDonald se han basado varios autores para la definición de subcentros de empleo, sin embargo, cuando dichos autores han utilizado la densidad de empleos (Giuliano y Small, 1991; McMillen, 2001a, 2001b) para lo que ellos llaman operacionalizar el concepto de subcentros de los modelos policéntricos, sus operacionalizaciones reconocen que hay empleos por toda la ciudad, lo cual no coincide con lo planteado en los modelos policéntricos, en los que se tiene un esquema segregado de usos del suelo, es decir, las zonas sin subcentros no tienen empleo, lo que convierte sus ejercicios en definiciones sin teoría (Alegría, 2009), y a ello se suma la subjetividad envuelta en el procedimiento al usar la aglomeración de empleo como definición de subcentros⁵³ (Ídem). Por su parte, los autores que han definido los subcentros con base en la tasa de empleo a población residente (Forstall y Greene, 1997) se han acercado a la noción de centro de actividad, que es más cercana a la realidad, debido a que han considerado los centros como zonas de atracción de personas que vienen desde otras zonas⁵⁴, y a que cada zona de la

⁵² La demanda “es uno de los factores clave para la localización e intensidad de las actividades económicas en una economía terciarizada” (Alegría, 2009: 60-61).

⁵³ Los límites específicos para definir subcentros se basan en la opinión de los analistas, para más detalles consultar Alegría (2009: 63).

⁵⁴ Aunque solo se considere para ello a quienes viajan para trabajar, y no a quienes viajan para consumir o por otros motivos.

ciudad puede tener usos del suelo mixtos, no obstante sus procedimientos aún no cuentan con una teoría que los sustente (Alegría, 2009).

Desde la perspectiva de economía del transporte, la noción de centros de actividad propone que los centros ya no deben definirse como centros de empleo debido a la dispersión del mismo. Gordon y Richardson (1996, cit. en Alegría, 2009: 65) definieron operativamente centros con un indicador de densidad de generación de viajes, y encontraron que una zona puede actuar como centro debido a su capacidad de atraer personas aunque no tenga una densidad alta de empleo, y que ante la desconcentración generalizada del empleo en ciudades grandes⁵⁵, solo pueden considerarse la existencia de centros urbanos si ellos son considerados como lugares de actividad y no de empleo. Esta idea, que propone que la forma urbana ya no se organiza en usos de suelo segregados, sino mixtos, aún no cuenta con una teoría que la sustente y, aunque la metodología se encuentra un poco más avanzada con el uso de la densidad de generación de viajes, en México no se ha podido aplicar debido a la falta de información (Alegría, 2009).

Por su parte, la aplicación intraurbana de la teoría del lugar central de Christaller (1966)⁵⁶ implica la existencia de una jerarquía entre las distintas áreas de la ciudad, en donde ciertos núcleos son más centrales en cuanto a la oferta de bienes y servicios. Es decir, a cada núcleo de oferta de bienes y servicios le corresponde un área de influencia o zona complementaria, la cual es abastecida de los bienes y servicios que se ofertan en dicho núcleo. Entre más central sea un núcleo, éste ofrece una mayor cantidad de bienes y servicios⁵⁷, y su respectiva área de influencia es más grande (Berry y Garrison, 1968). Sin embargo, pocos autores, como por ejemplo West et al. (1985, cit. en Alegría, 2009: 70), han utilizado esta teoría para explicar y especificar los subcentros urbanos, en específico la actividad terciaria, a través de una versión simplificada y modificada de la teoría del lugar

⁵⁵ Las ciudades grandes presentan por lo general una forma urbana que se aleja de los prototipos del modelo monocéntrico y de los modelos propuestos por la Escuela de Chicago (Alegría, 2009).

⁵⁶ La teoría del lugar central de Christaller (1966) surge como una explicación basada en razonamientos geométricos acerca de los patrones de distribución, tamaños y número de asentamientos humanos, y sobre cómo éstos se sitúan en relación unos con otros.

⁵⁷ Debido a que entre mayor sea la centralidad de un núcleo, en él se ofrecen bienes con mayores umbrales (volúmenes de mercado que permiten mantener su oferta) y mayores alcances (distancias que el individuo estaría dispuesto a recorrer para adquirirlos) (Citado en Graizbord, 2008: 83).

central propuesta por Eaton y Lipsey (1982, cit. en Alegría, 2009: 70), quienes proponen un modelo en el que la jerarquía de los centros de consumo toma en cuenta elementos como el comportamiento de la demanda y de las economías de escala, aunque continúa siendo inaplicable a datos reales debido a algunos supuestos como el de ciudad unidimensional, ingreso igual y densidad de los consumidores. West et al. utilizaron dicho modelo más como metáfora que como una guía de los pasos de investigación y, así, establecieron una jerarquía de centros que se basó en la cantidad de actividades diferentes y cantidad de tiendas por actividad en cada centro (Alegría, 2009). Aunque en la versión básica del modelo del lugar central intraurbano, la jerarquía de cada centro está dada por el número de actividades centrales que en él se localizan y cada actividad central tiene un tamaño de mercado similar en cada una de las localizaciones de dicha actividad, debido al comportamiento de los consumidores orientado a disminuir costos de transacción⁵⁸, y al de los vendedores de seguir las concentraciones de consumo potencial, el tamaño de cada actividad central varía entre localizaciones, siendo más grande en centros de más alta jerarquía, lo que a la vez reduce aún más el tamaño de los centros pequeños⁵⁹ (Alegría, 2009).

En general, los modelos de estructura urbana derivados de la teoría económica destacan el papel clave del precio del suelo para la localización de las actividades económicas y de la población, pero, como bien subraya Alegría (2009), el precio del suelo no determina los centros urbanos, sino que resulta de la demanda de suelo por parte de los agentes que quieren establecerse en los centros, por lo que posee un rol implícito, es decir que al ser el precio del suelo un costo, un negocio solo puede establecerse en un lugar si las ventas totales comprenden el precio del suelo, los costos de insumos y una utilidad, por lo que a medida que el precio del suelo se incrementa en la ciudad, las ventas totales de los negocios que ahí se localicen deben de incrementar también. A su vez, el precio del suelo

⁵⁸ Con estrategias como la de realizar una sola parada para ahorrar en costos de transporte, y comprar bienes y servicios diversos en un mismo lugar (Alegría, 2009).

⁵⁹ “Un aspecto del modelo de lugar central de Christaller es que parte de una concentración inicial que en momentos subsecuentes lleva a descentralizar en el espacio circundante puntos de oferta que se acercan a los consumidores que prefieren viajar hacia ellos para ciertos bienes en vez de ir hasta el principal lugar central. Sin embargo como es el principal ahí se encuentra toda la canasta de bienes y servicios y eso conviene a los consumidores pues pueden resolver en un viaje sus múltiples demandas” (Apreciaciones hechas por el Dr. Boris Graizbord en la revisión de este trabajo de investigación).

constituye una restricción a la localización de las familias en la ciudad, y no un incentivo o factor de atracción, por lo que depende del ingreso familiar (Alegría, 2009).

2.2 Forma urbana, movilidad y emisiones

La discusión acerca de la relación entre forma urbana, movilidad urbana y emisiones contaminantes provenientes del transporte motorizado es bastante amplia. Según Graizbord (2011), en la literatura pueden encontrarse dos posiciones extremas en cuanto a la relación entre forma urbana y sostenibilidad urbana, por un lado se encuentran quienes piensan que una mayor densidad urbana se relaciona con la disminución de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad y, por otro lado, están quienes proponen que la concentración en el centro de la ciudad tradicional mejora la calidad de vida de sus habitantes. Al privilegiarse las bajas densidades, se tienen como resultado grandes extensiones de territorio urbanizado, por lo que las altas densidades suponen una ciudad más compacta que, según sus defensores, ofrece ventajas en cuanto a un menor número de viajes en modos motorizados, mayores posibilidades de movilidad no motorizada y mayor accesibilidad a un mayor número de funciones y actividades urbanas. Dicha noción de ciudad compacta supone, además de las altas densidades de población y de edificaciones, usos de suelo mixtos y una mayor eficiencia energética debido a la reducción de las distancias de los viajes al trabajo y al incremento en la viabilidad del transporte público masivo⁶⁰.

Por su parte, quienes defienden puntos de vista opuestos, argumentan que la descentralización del empleo y de la vivienda ha reducido la distancia promedio de los viajes al trabajo y, que en una ciudad compacta, el congestionamiento elimina las ventajas que resultan de la mayor concentración de actividades, además de que al no concordar la propuesta de ciudad compacta con lo que ha sucedido en los últimos 50 años, revertir la tendencia resultaría imposible aunque fuese deseable, que las telecomunicaciones pueden reducir la necesidad de emprender viajes, que las bajas densidades posibilitan la utilización

⁶⁰ El transporte público masivo es viable solo si la densidad en torno a las paradas o estaciones es lo suficientemente alta como para atraer la cantidad suficiente de viajeros, pues la mayoría de las personas está dispuesta a caminar hacia dichas paradas o estaciones un tiempo máximo de alrededor de 10 minutos, lo cual significa que una parada o estación de transporte puede servir a los hogares localizados dentro de un radio de 800 metros (O'Sullivan, 2009).

de fuentes energéticas alternas y reducen el congestionamiento, y que la introducción de vehículos movidos por electricidad y otras fuentes, como por ejemplo el hidrógeno, pueden resolver los problemas de consumo de energía fósil y de emisiones contaminantes a la atmósfera (Ídem).

En general, estrategias como los usos del suelo mixtos y el balancear empleos y vivienda son planteadas con el objetivo de reducir las distancias y el tiempo de recorrido vehicular, pues incrementan la accesibilidad (oportunidades para llegar a los destinos deseados) de los habitantes de la ciudad a sus empleos y a los comercios y servicios (Cit. en Cervero y Duncan, 2006: 475-478). Es conveniente mencionar que, como Graizbord (2008: 169-170) explica, la accesibilidad puede ser interpretada como “la relación espacial entre el punto de generación de la demanda y el lugar donde puede satisfacerse”, sin embargo, la decisión de una persona al elegir un destino dado (en el que obtendrá un bien o servicio, que bien puede tratarse de acceder a su propio empleo) “dependerá de la forma en que sopesen los beneficios esperados que pudiera obtener en un destino contra los costos de llegar hasta ese lugar”, en donde el tiempo representa un costo, además de la distancia física, al ser un recurso finito y escaso, y en donde la información es un costo de transacción y, por lo tanto, también un factor de movilidad.

Las ciudades que proveen una buena accesibilidad son usualmente consideradas como favorables para la disminución de los viajes en transporte motorizado, pues hacen más asequible para los residentes el trasladarse caminando, en bicicleta o a través de transporte público masivo. Sin embargo, aún continúa existiendo una resistencia considerable al crecimiento equilibrado (entre empleos y vivienda) y a los usos del suelo mixtos (Cervero y Duncan, 2006)⁶¹, y es difícil para los tomadores de decisiones el evaluar los planes y políticas sobre los usos del suelo de acuerdo a su impacto en los KVR y, por lo tanto, en la mitigación del congestionamiento vehicular, de la eficiencia energética y en la reducción de emisiones contaminantes y de GEI (Zhang, et al., 2012).

⁶¹ Los resultados que muestran las investigaciones sobre el efecto del ambiente construido en el comportamiento de los viajes son mixtos, es decir, algunos de los estudios muestran efectos estadísticamente significativos y algunos correlaciones insignificantes, y no está claro el por qué dichos impactos son más fuertes o débiles en distintas áreas urbanas y que tan efectiva puede ser la implementación de una política de usos del suelo dada sobre el transporte (Zhang, et al., 2012).

Gordon y Richardson (1997, cit. en Graizbord, 2011: 36) consideran que las propuestas de ciudad compacta se refieren en realidad a tres escalas: la macro, que se basa en una densidad promedio elevada a nivel urbano; la micro, la cual ha recibido una mayor atención en la literatura del *smart growth*⁶² y se refiere a altas densidades a un nivel de barrio o comunidad; y la perspectiva de estructura espacial, que hace énfasis en una estructura monocéntrica frente a una policéntrica o dispersa. Debido a dicha diferencia en las escalas de análisis, la relación entre forma urbana y eficiencia energética⁶³ y económica se torna bastante compleja, y no queda claro cuáles son las formas urbanas que deben privilegiarse. Graizbord (2011) expone la necesidad de tomar en cuenta el contexto específico en el que serán implementadas las acciones (ya sean estas estrategias de mitigación o estrategias de adaptación), y de balancear los criterios ambientales con las aspiraciones económicas y sociales⁶⁴ y, a pesar de ello, resalta que algunos criterios son válidos y comunes para todas las escalas y áreas de la ciudad, como por ejemplo la reducción de emisiones contaminantes, una mayor eficiencia en el uso de energía, sistemas de transporte ambientalmente amigables, y cercanía entre viviendas, lugares de trabajo y servicios diferentes.

La literatura sugiere que situar los empleos y los comercios y servicios cerca de las viviendas debe reducir las distancias de los traslados y convertir los viajes en transporte motorizado a viajes caminando y en bicicleta, no obstante, dice poco acerca de cuáles formas (de balance y usos mixtos) acarrear los mejores beneficios (Cervero y Duncan, 2006). Handy

⁶² Las principales propuestas del enfoque de *smart growth* son: limitar la expansión física, desarrollo en elevadas densidades concentrando vivienda y empleo, zonificación mixta, aumento a la accesibilidad peatonal y al tráfico vehicular, preservar espacios abiertos para actividades agrícolas y usos recreativos, y aprovechamiento de la infraestructura existente en lugar de la construcción de una nueva (Basu, 2005, cit. en Graizbord, 2011: 34).

⁶³ La discusión sobre la participación de las ciudades en la generación de emisiones de GEI a la atmósfera se analiza básicamente en términos de eficiencia energética (Graizbord, 2011).

⁶⁴ Es importante el considerar que una gestión urbana sostenible en el contexto de América Latina debe enfrentar la urbanización de la pobreza (Mac Donald, 2003, cit. en Graizbord, 2010: 39) y, como indica Cervero (2013), problemas como el crecimiento acelerado de la población, la pobreza y las disparidades en el ingreso, la sobrepoblación de los centros urbanos, las redes de carreteras mal diseñadas, los desequilibrios espaciales entre empleos y viviendas, el deterioro ambiental, y las pérdidas económicas por el congestionamiento vehicular, pueden enfrentarse a través del mejoramiento de la accesibilidad a las actividades urbanas y de ambientes atractivos para caminar o utilizar bicicletas, por lo que dichas características urbanas son vitales para el bienestar y la prosperidad de los residentes de los países más pobres, de manera que cualquier cosa que se haga para mejorar la integración entre transporte y usos del suelo en los países en desarrollo debe considerar y ser a favor de los pobres.

(1993, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 476) fue uno de los primeros en articular cómo los viajes pueden ser influenciados tanto por el vecindario inmediato, o barrio, como por la región, o escala urbana. Por una parte, el análisis de las relaciones a escala de barrio, que enfatiza los beneficios de los usos del suelo mixtos propuestos por el *smart growth*, plantea que los usos mixtos reducen los viajes debido a que: aproximan los orígenes y los destinos, por lo que se reducen las distancias y tiempos de viaje; inducen a las personas a caminar, usar bicicleta o transporte público en lugar de manejar (lo cual se debe en parte a las menores distancias implicadas); y eliminan o acortan los viajes en automóvil debido a que capturan viajeros en nuevos, y más convenientes, destinos⁶⁵ (Cervero y Duncan, 2006). Algunos de los estudios que han demostrado que usos del suelo mixtos reducen los viajes en automóvil son los de Cervero (1988, 1996), Cervero y Kockelman (1997), Dieleman, et al. (2002), Ferrel (2004) y Krizek (2003). Sin embargo, existen estudios que han encontrado la relación estadísticamente insignificante, o más aun, que argumentan que los residentes de áreas con una alta accesibilidad a los comercios pueden ir de compras más seguido y manejar más kilómetros en total, debido a que los menores costos de transporte incentivan el viajar (Crane, 1996, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477).

Por otra parte, la estrategia de mantener un balance entre empleos y vivienda es considerada como de alcance regional, pues tiene el potencial de reducir la congestión por tráfico vehicular en horas pico, y de mejorar la calidad del aire (Cervero y Duncan, 2006). En general, las investigaciones muestran que dicho balance disminuye las distancias del *commuting*, sin embargo, aunque ello parezca obvio, el hecho de que la cantidad de empleos en un área sea similar a la cantidad de trabajadores residentes no significa que necesariamente las personas trabajarán cerca de su lugar de residencia (Ídem). Como apunta Graizbord (2008), el factor trabajo puede ser altamente diferenciado⁶⁶ por lo que los individuos empleados en una zona dada pueden tener preferencias distintas al escoger su lugar de residencia, además de que debido a la existencia de un desbalance entre los mercados de la vivienda y del trabajo “no todos los residentes de un área determinada que

⁶⁵ Esto último puede suceder como un resultado de una captura interna (por ejemplo cuando las personas caminan entre oficinas y comercios en un proyecto de usos mixtos), de una captura de paso (por ejemplo cuando los conductores hacen una parada intermedia en su camino), o de desviaciones en la ruta (por ejemplo cuando alguien hace un pequeño desvío para comprar una barra de pan) (Cervero y Duncan, 2006).

⁶⁶ Es decir, calificado diferencialmente y, debido a ello, con ingresos diferenciales (Graizbord, 2008).

buscan trabajo lo encuentran satisfactorio cerca de donde viven, o bien los empleos que se ofrecen allí no pueden ser ocupados por ‘la mano de obra’ residente en el área debido al desequilibrio entre el nivel de calificación y la capacitación técnica requerida” (Ídem: 171-172) y, como consecuencia, quienes residen en un área con empleo no siempre se emplean ahí mismo.

A pesar de ello, la evidencia sugiere que las probabilidades de trabajar cerca del hogar son menores en escenarios desbalanceados (Cervero y Wu, 1998; Frank y Pivo, 1995; Kasturi, et al., 1998). Varios estudios han asociado mayores desequilibrios entre empleos y vivienda con la suburbanización del empleo, por ejemplo Levine (1992, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) encontró que, en el caso de los hogares de bajos ingresos, las distancias del *commuting* incrementaban con la suburbanización del empleo, lo cual era causado en parte por la escasez de vivienda cercana que estuviera al alcance de las posibilidades económicas de dichas familias. Asimismo, el estudio de Levine plantea que los hogares de ingresos bajos a moderados y con un solo trabajador son los que más beneficios obtienen de las políticas de mantener un balance entre empleos y vivienda, pues dichos hogares son más propensos a trasladarse a proyectos asequibles.

Sin embargo, los resultados de algunos otros estudios muestran resultados opuestos, Crane y Chatman (2003, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) encontraron que la suburbanización del empleo se relaciona con distancias más cortas de *commuting*, y existen diversas conclusiones en cuanto a que tan significativa es la influencia del balance empleos-vivienda para la reducción de los KVR asociados a la movilidad cotidiana al trabajo, por ejemplo Miller e Ibrahim (1998, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) encontraron dicha relación como poco significativa, Peng (1997, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) concluyó que la relación era alta sólo en los vecindarios extremadamente desbalanceados, y Giuliano y Small (1993, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) que el balance entre empleos y vivienda tiene una influencia estadísticamente significativa, aunque pequeña, en la duración de los viajes al trabajo. Por su parte, Krizek (2003, cit. en Cervero y Duncan, 2006: 477) concluyó que los hogares con distancias de *commuting* más cortas son más propensos a participar en una mayor cantidad de viajes a lo largo del día, aunque sus KVR totales disminuyen. Según

Cervero y Duncan (2006), además de que un balance entre empleos y vivienda reduce en mayor medida los KVR en una ciudad que la zonificación mixta, acercar los empleos a las viviendas es similar a reducir también las distancias entre vivienda y comercios, ya que algunos de los empleos que se localizarán cerca de las viviendas serán empleos del sector de comercio y servicios, por lo que la estrategia de mantener el balance empleos-vivienda es una de las más importantes oportunidades en que la planeación de los usos del suelo puede contribuir a disminuir los viajes en transporte motorizado⁶⁷.

Al revisar la diversidad en los resultados de estudios sobre la relación entre los usos del suelo y la movilidad urbana, es importante considerar que dicho campo de estudio es todavía incipiente, y que a pesar de que por lo general es aceptado que la forma urbana influye en los patrones de movilidad, no existen reglas acerca de cómo se da exactamente esa influencia, además de que la forma urbana no es la única variable que debe considerarse. Factores como a dónde quiere ir la gente y cómo planea llegar hasta ahí dependen de sus recursos; de la red de transportes existente; de si cuenta con acceso a un vehículo particular, a un autobús o al transporte masivo; de las necesidades, demandas y deseos de sus familias; de su demanda de bienes a los que puede acceder a través del transporte; del precio de la gasolina; de las tarifas de autobús, etcétera (Crane, 2000).

Parr (1987, cit. en Graizbord, 2008: 90) identificó tres factores que conducen a la movilidad cotidiana por motivos de empleo, en primer lugar menciona las preferencias individuales, como la percepción de un conjunto de externalidades disponibles o la presencia de parientes, amigos y organizaciones sociales; en segundo lugar, la imposibilidad de sufragar el costo de vivir en la zona donde se trabaja, especialmente el costo de la vivienda, pero la posibilidad de sufragar el costo de vivir en otra parte más el costo de transportarse (asimismo, Parr menciona que es posible que ambos factores se refuercen mutuamente); y el tercer tipo de razón es la utilidad que el *commuting* por sí mismo represente, aunque las

⁶⁷ A pesar de ello, Cervero y Duncan (2006) también resaltan que ambas estrategias (balance entre empleos y vivienda y usos del suelo mixtos) deben ser complementarias, pues muchos de los viajes con el propósito de comprar o acceder a servicios están relacionados a los viajes al trabajo, y aplicar las dos estrategias de manera simultánea acarrearía beneficios en muchos ámbitos, como por ejemplo la realización de viajes en cadena y de viajes en automóvil más eficientes.

causas de ello son difíciles de precisar, podría ser por ejemplo que dicho *commuting* implique cierto estatus.

Es de notarse que, además, factores como el nivel de ingreso y las características sociodemográficas son importantes en la determinación de la movilidad, estudios como el de Kulkarni (1996) y el de Cervero y Kockelman (1997) mostraron que aunque las variables sobre usos del suelo tienen influencia en los patrones de movilidad, dicha influencia era pequeña en comparación a la de aquellas variables económicas y sociales. De igual manera, estrategias económicas, que implican medidas como el cobro de peaje vial o de impuestos generales para internalizar los costos totales de los viajes, han sido propuestas como una alternativa para solucionar los problemas ambientales y sociales relacionados con el transporte (Dunn, 1998; Gordon et al., 1991), por lo que se debe prestar atención a la influencia que podrían tener las estrategias tanto económicas como de usos del suelo si fuesen aplicadas de manera complementaria (Zhang, 2004). Así, la relación entre forma urbana y transporte es multidimensional y difícil de desarticular⁶⁸ (Crane, 2000).

Según Cervero (2013), en los países en desarrollo deben considerarse retos adicionales a los de los países desarrollados, pues las ciudades de los países en desarrollo son diferentes en lo que respecta a: (1) su primacía, es decir, en los países en desarrollo existe una mayor concentración de la riqueza nacional en las ciudades capitales, lo que se traduce en bienes privados e infraestructura pública que atrae a personas pobres y sin preparación que buscan empleo, y que frecuentemente terminan como conductores de vehículos de transporte público informal (Cervero, 2000, cit. en Cervero, 2013: 9); (2) sus niveles de moncentralidad, pues muchas ciudades de los países en desarrollo tienen formas urbanas más monocéntricas que concentran una gran parte del empleo formal en los centros urbanos, lo que provoca densidades de tráfico extremadamente altas y viajes comparativamente largos

⁶⁸ Según Zhang (2004), múltiples atributos de los usos del suelo intervienen con varios aspectos del transporte: Cervero y Kockelman (1997, cit. en Zhang, 2004: 345) señalan tres dimensiones de los usos del suelo, densidad, diversidad y diseño; y cada una de dichas dimensiones puede afectar múltiples aspectos del transporte (modo de viaje, frecuencia, longitud y duración, hora de partida, ruta elegida, encadenamiento, etc.); asimismo, un aspecto del transporte tiende por lo general a relacionarse a varias dimensiones de los usos del suelo; y el efecto total de los usos del suelo en el transporte muchas veces es poco claro (Crane, 1996b, cit. en Zhang, 2004: 345).

en transporte motorizado⁶⁹, con sus consecuencias ambientales y sociales; (3) sus tendencias y densidades de población, lo que significa que las ciudades de los países en desarrollo por lo general tienen densidades mucho más altas que las ciudades de países desarrollados y, al mismo tiempo, sus gradientes de densidad se han abatido a un ritmo más rápido, ello se refleja en los patrones de urbanización, que antes se acercaban más a las características de las ciudades compactas y en la actualidad la tendencia es imitar el patrón de las ciudades dispersas de los países desarrollados⁷⁰; (4) el diseño de sus vialidades, ya que las ciudades de los países en desarrollo por lo general tienen densidades de vialidades escasas a pesar del incremento en los volúmenes de tráfico vehicular y, además, carecen de una jerarquía lógica de las vialidades, lo que se convierte en un obstáculo para que exista un flujo eficiente del tráfico vehicular desde las vialidades locales hasta las vialidades principales e incrementa el congestionamiento vial, sobre todo en horas pico, y; (5) la localización geográfica de los pobres, pues en las ciudades de los países en desarrollo son más pronunciados los desajustes espaciales sobre dónde se localiza la población de bajos ingresos y dónde se localiza el empleo formal⁷¹, lo que implica cargas económicas adicionales para dicha población (Cervero, 2013).

Lo anterior resalta la necesidad de implementar una planeación de las ciudades de los países en desarrollo que considere la relación entre forma urbana y transporte con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental, que a la vez considere el problema más importante del Sur Global: la pobreza extrema y persistente. El mejorar la accesibilidad para los pobres a los empleos y servicios urbanos y el mantener las tarifas de transporte masivo asequibles

⁶⁹ Ejemplo de ello es la Ciudad de México (Cervero, 2013). Las mega-ciudades de los países en desarrollo sufren peores congestionamiento y contaminación del aire que en cualquier otra parte (Suzuki, et al., 2013, cit. en Cervero, 2013: 9).

⁷⁰ Sin embargo, Cervero (2013) resalta que lejos de acercarse a la riqueza de las ciudades de los países desarrollados, la expansión urbana de ciudades como por ejemplo la Ciudad de México, es impulsada por asentamientos de vivienda informal, por la exclusión social, la segregación por clase y la pobreza; la especulación sobre el precio de la tierra en economías emergentes como la de China, India y Brasil también está impulsando la expansión urbana; y, en México, la facilidad para obtener créditos para la compra de vivienda de interés social ha provocado un crecimiento explosivo de desarrollos de vivienda de bajo costo, pero al mismo tiempo aislada, hacia las afueras de varias ciudades del país, lo cual ha dado lugar a aproximadamente 26 por ciento de abandono de dicha vivienda (Infonavit, 2011, cit. en Cervero, 2013, pág. 10 y 12) debido en gran parte a su poca accesibilidad a empleos, escuelas y familia (Cervero, 2013).

⁷¹ Por lo general, en los países en desarrollo, los pobres viven en las periferias de las zonas urbanas, aislados de las oportunidades de empleo que usualmente se localizan en los centros urbanos, lo cual se traduce en que dicho sector de la población paga mayores costos de viaje (en tiempo y en dinero) para poder acceder a costos bajos de vivienda, la cual muchas veces es irregular (Cervero, 2013). Ello es contrario a lo que sostiene la teoría de la localización tradicional de Alonso (1964, cit. en Cervero, 2013, pág. 13), pues dicha teoría fue enmarcada en el contexto del primer mundo.

puede representar grandes beneficios económicos al permitirles destinar los recursos que por lo general invierten en transportarse a otros propósitos y, a la vez, representa una oportunidad para disminuir los viajes en transporte motorizado, pues le proporciona a la población la opción de realizar viajes caminando o en bicicleta, y de utilizar el transporte público masivo (Cervero, 2013). Evitar o reducir los viajes a través de transporte motorizado mediante la integración de la planeación de los usos del suelo y del transporte puede, al mismo tiempo, incrementar el bienestar de la población y reducir la desigualdad, mejorar la economía y reducir la contaminación atmosférica y las emisiones de GEI (UNEP, 2011).

2.3 Estudios realizados en México

Como se ha descrito, son muchos los factores que influyen en las decisiones de los individuos sobre cómo y a dónde realizar sus viajes. Sin embargo, para llevar a cabo un análisis a escala de ciudad sobre la relación entre movilidad y forma urbana es preciso prestar atención a los patrones de movilidad que pueden identificarse a escala agregada. Graizbord (2008: 93) describe que “es muy probable que varios factores que influyen en el *commuting* den lugar a un patrón que puede ser descrito en términos de un modelo de interacción espacial”, en donde algunas de las motivaciones se convierten en las mayores variables explicadoras de la movilidad. El trabajo de Graizbord (2008) sobre el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) es uno de los pocos trabajos en el país que han abordado la relación entre forma urbana, movilidad y emisiones. Para analizar el espacio urbano, Graizbord estudia el AMCM como un sistema de centros jerarquizados, y considera que la movilidad urbana es causada por la complementariedad entre las zonas, que resulta de la existencia de una demanda en una zona y de una oferta en otra, lo que origina la interacción espacial.

Para ello utiliza el enfoque de Parr (1986; 1987, cit. en Graizbord, 2008: 84-99), quien a su vez se basa en la definición de las áreas complementarias del modelo del lugar central propuesto por Christaller (1966)⁷², para explicar la complejidad de la movilidad⁷³ de

⁷² El cual ya supone la existencia del *commuting* por motivos de consumo, pues cada bien ofertado posee un alcance y un umbral (Graizbord, 2008).

los individuos en un espacio urbano polinuclear a partir de atributos como la jerarquía de las áreas urbanas y, por lo tanto, de la estructura urbana y los usos del suelo, y de la interdependencia jerárquica⁷⁴ de las diferentes áreas de la zona urbana estudiada. En dicho análisis, se destaca la importancia de los subcentros y su influencia en las zonas vecinas, y se define la estructura intraurbana del AMCM a partir de la caracterización de dos de sus subcentros de actividad. Asimismo, el sistema de transporte metropolitano es descrito por el lado de la demanda, tomando en cuenta la distribución de la población según sus atributos socioeconómicos y dando especial atención al consumo de gasolina y a la contaminación generada por los viajes al trabajo, de consumo y con motivos sociales, mientras que se plantean diversos escenarios acerca de cómo podría variar el consumo de gasolina y la contaminación atmosférica generada en el AMCM en función de la aplicación de distintas políticas que modificarían el funcionamiento del sistema de transporte. Finalmente, el trabajo de Graizbord presenta reflexiones y sugerencias sobre la política urbana de transporte y usos de suelo, y sobre el enfoque que debe adoptarse para que dicha política sea realista.

2.4 Estudios realizados en Tijuana

Actualmente, no existen estudios sobre la ciudad de Tijuana que hayan relacionado la forma urbana, la movilidad y las emisiones. Sin embargo, algunos trabajos han abordado la relación entre forma urbana y movilidad, los estudios de Hernández (2006) y de Fuentes y Hernández (2008) relacionan algunos elementos de la estructura espacial urbana como flujo del tránsito vehicular, uso del suelo y algunas características socioeconómicas de la población, con la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana⁷⁵, encontrando que en la medida en que la densidad de población aumenta los atropellamientos disminuyen, y que un incremento en el número de empleos en el sector terciario genera mayor movilidad de vehículos y personas, lo cual aumenta la probabilidad de accidentes, aunque las zonas

⁷³ Desplazamientos de los individuos con distintos propósitos, incluido el *commuting* por motivos de empleo, o movilidad urbana cotidiana de la fuerza de trabajo, los viajes por motivo de consumo, así como aquellos con propósitos sociales.

⁷⁴ Que en realidad resulta ser “hiperárquica”, es decir, que las conexiones entre las zonas son horizontales, pues no dependen de la importancia del nodo del que salen o al que llegan (Graizbord, 2008).

⁷⁵ Los accidentes de tránsito son considerados como una externalidad del transporte, la cual aumenta sus probabilidades de ocurrir cuando los desplazamientos urbanos cubren mayores distancias para que los habitantes accedan a sus destinos (Hernández, 2006).

cercanas a grandes centros de empleo, sobre todo industriales, presentaron una menor incidencia de accidentes de tránsito.

Maldonado (2006) se centró en analizar la calidad de los espacios públicos urbanos en Tijuana, que considera se han construido a partir de los flujos de los medios de transporte, ya sea automóvil privado o transporte público. Para ello, toma en cuenta la interacción social que se da en dichos espacios y los evalúa con base en los criterios de Borja y Muxi (2003), dominio público, uso social colectivo, multifuncionalidad y accesibilidad-centralidad, y concluye que las expectativas de la población están siendo satisfechas a pesar de la calidad deficiente de los espacios urbanos analizados, por lo que considera necesario elevar las expectativas de la gente para que se cumplan sus derechos urbanos (derechos a la belleza, movilidad y accesibilidad y calidad del medio ambiente). Asimismo, una de las conclusiones de Maldonado acerca de cómo el espacio público de la ciudad ha sido afectado por los medios de movilidad, en especial por el transporte privado, es que la fragmentación social como consecuencia de la motorización se da principalmente en la separación entre las personas que utilizan el automóvil como medio principal de movilidad, las cuales argumenta son las personas de clase media a alta, y aquellos que utilizan el transporte público urbano, que considera son las personas de bajos ingresos.

Por otra parte, la investigación de Maldonado encontró que los tomadores de decisiones no identifican el congestionamiento vehicular como un problema urbano, ni reconocen que exista una vinculación entre la forma en que la ciudad se ha ido construyendo, el tipo de transporte público urbano con que cuenta y el congestionamiento, además de que tampoco mencionan las externalidades que la motorización puede acarrear para la ciudad; es decir, la movilidad es considerada por ellos como un elemento aislado del resto de los procesos urbanos (como la incorporación de nuevo suelo urbano, el tipo de usos del suelo asignados en la carta urbana, etc.). Con base en ello, la autora propone que es necesario organizar la ciudad a partir de su movilidad, lo que significa “asignar los usos de suelo analizando la cantidad de posibles viajes que generaran, estudiando los patrones de viaje de los habitantes a través de estudios origen-destino” y observar cuáles son las consecuencias de la forma en que se constituye el espacio público urbano en la conducta social de los

habitantes de la ciudad, además de intentar predecir cuáles serán los costos asociados a los mismos, pues se puede intuir que la fragmentación social y la inequidad de la ciudad tiene una explicación en la forma en que se ha “resuelto” su movilidad.

Por otro lado, el trabajo de Aragón (2008) sobre salarios, precios de suelo y transporte en Tijuana, relacionó la forma urbana con la movilidad urbana al considerar los costos para los trabajadores de transportarse hacia su lugar de empleo, los cuales variaban según las distribuciones de la población y del empleo, para probar si, como indican los supuestos teóricos de los modelos monocéntrico y policéntrico, la decisión de los trabajadores acerca de dónde localizar su residencia está en función de lograr la optimización de su salario. Los resultados del estudio mostraron que, específicamente para los trabajadores asalariados, el costo del transporte al trabajo afecta negativamente el precio del suelo residencial⁷⁶ y que, además, el costo de transportarse al trabajo es compensado por el salario recibido por los trabajadores tanto de nivel directivo como asalariados, por lo que se confirmó la existencia de un equilibrio espacial en el que las rentas y los salarios varían con la localización. Además, el estudio concluye que aunque la estructura urbana de Tijuana se encuentra en una transición del modelo monocéntrico al policéntrico ya que 35 por ciento del empleo de la ciudad se concentra en cinco colonias, (Centro, Zona Urbana Río Tijuana, La Mesa, Industrial Pacífico 1ra Sección, Insurgentes Otay), solo dos de dichas colonias, las cuales además se encuentran físicamente adyacentes (Centro y Zona Urbana Río Tijuana), forman la mayor área de empleo a la ciudad, sobre todo para el sector terciario, lo que muestra que el Centro de la ciudad continúa concentrando la mayor parte de las actividades. Así, la distribución de las actividades puede significar un gran impacto económico para la población, que puede llegar a gastar hasta 50 por ciento del ingreso familiar solo en transporte.

Por su parte, Ley (2006) hace referencia a elementos del arreglo urbano de Tijuana que inciden en la movilidad resultante, entre ellos el patrón de crecimiento, la distribución de actividades, la traza urbana y las opciones de desplazamiento. Entre dichos elementos, la

⁷⁶ Aunque se indica que, debido a la gran complejidad del tema de estudio, el precio del transporte no es la única variable que influye en la decisión de localización residencial, sino que además tienen gran influencia las características económicas, demográficas y sociales de los trabajadores (Aragón, 2008).

autora destaca el fuerte protagonismo del centro urbano de Tijuana, que concentra servicios y actividades diversas y, debido a ello, se convierte en el destino de flujos provenientes de todas las zonas de la ciudad, lo cual conlleva al congestionamiento y a la disfunción vial. Además, concluye que los diversos elementos del arreglo urbano de Tijuana se encuentran definidos de manera aislada, por lo que para lograr una movilidad eficiente, ésta debe ser considerada como un objetivo de la planeación urbana y, al incidir en el arreglo urbano existente, debe considerarse el conjunto de elementos urbanos que influyen en la movilidad, para lo cual propone: pasar de un patrón de crecimiento urbano disperso a un patrón compacto o, al menos, combinado; considerar las características topográficas y las zonas de asentamientos irregulares, así como su debida inserción en la red vial y de transporte; replantear el esquema jerárquico de las vialidades para restar presión a las actuales vialidades principales, usar tecnologías para el control de flujos y mantener en condiciones óptimas las vialidades; desarrollar múltiples centros urbanos para equilibrar el uso del espacio urbano, y; rediseñar las rutas de transporte público para crear una red que articule el territorio, y reglamentar los tiempos de traslado, el estado del transporte y la operación del mismo.

Asimismo, Alegría (2008) expone el caso de la ciudad de Tijuana como un ejemplo del patrón expansivo de crecimiento urbano de las ciudades mexicanas, el cual ha predominado debido al desarrollo, en los últimos años, de asentamientos formales de vivienda financiada, ya sea por instituciones públicas o privadas, con una ubicación periférica. El trabajo describe los problemas que surgen debido a dicho patrón urbanístico en las tres escalas de la habitabilidad urbana, la de vivienda, la de barrio y la de ciudad, y resalta que es en la escala de ciudad en la que se profundizan los problemas de eficiencia para los agentes económicos y de equidad para los residentes, especialmente debido a las consecuencias de la congestión que surge al incrementarse el número de viajes urbanos por persona y el tiempo y distancia de cada viaje, lo cual a su vez se debe tanto a una falta de empleos y servicios urbanos, como a la localización residencial periférica.

2.5 Estudios sobre emisiones de GEI en la región

Existen diversos estudios a escala local que se relacionan con las emisiones de GEI generadas por el sector transporte. Entre los más recientes pueden mencionarse los siguientes trabajos: a) Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (2012), que contiene un capítulo dedicado al transporte, en el que a través de un modelo se determinan las emisiones de GEI generadas por el transporte terrestre en el estado de Baja California durante el periodo 1980-2010, y se elaboran escenarios para conocer el comportamiento de las emisiones cuando las variables cambian, obteniendo pronósticos hasta el año 2040 (Galindo, Santos y Benitez, 2012); b) Inventario de Gases Efecto Invernadero del Estado de Baja California (2012), que cuantifica las emisiones de GEI para cada fuente generadora en el estado, incluyendo al sector transporte, para el periodo 1990-2005 y realizando proyecciones de las mismas de 2006 a 2050 (Muñoz y Vázquez, 2012); c) Baja California: Perfil Energético 2010-2020 (2012), que presenta una sección sobre impactos ambientales del sector energético, en el que se identifica como principal impacto la generación de emisiones, de las cuales las de GEI son generadas principalmente por el sector transporte, además de que se plantean un escenario inercial y otro factible, que incluyen este sector (Muñoz, et al., 2012); d) Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Baja California y proyecciones de casos de referencia 1990-2025 (2010), que hace una evaluación preliminar de las emisiones de GEI para el período descrito, realiza una proyección de las emisiones hasta 2025 e identifica el aumento en las emisiones del estado como consecuencia principalmente del consumo de electricidad y las actividades de transporte (Chacón, et al., 2010); e) Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California (2005), que es el primer inventario estatal de emisiones de GEI, toma el año 2005 como referencia e identifica la quema de combustibles fósiles en los sectores de transporte y generación de energía eléctrica como principal contribuyente a la generación de emisiones (CMM, 2007).

CAPÍTULO III

MODELO TEÓRICO

3.1 La forma urbana y los patrones de movilidad

El argumento general que sustenta las hipótesis de esta investigación es que la forma urbana de Tijuana tiene una influencia en los patrones de movilidad de la población de la ciudad, en específico, en la longitud promedio de sus viajes al trabajo. Es importante mencionar que las distancias reales de viaje de las personas desde sus lugares de residencia hasta sus lugares de empleo tienen muchos determinantes relacionados con el mercado del trabajo y con el mercado de la vivienda⁷⁷, es decir, existen muchos factores que pueden explicar la distancia promedio de viaje. En este trabajo, debido a las restricciones que representan las fuentes de información con que se cuenta (las cuales no proporcionan datos suficientes como para construir una prueba de hipótesis que incluya todos los determinantes), se seleccionan algunas de las variables relevantes según la teoría, las cuales se incluirán en el modelo (conceptual y operativo) que será empleado para probar las hipótesis de esta investigación.

Como se describe en el capítulo anterior, en la literatura se ha encontrado que una gran variedad de elementos de la forma urbana (como la proporción empleo-vivienda, la distribución de los usos del suelo ya sean segregados o mixtos, la densidad y/o niveles de dispersión, el diseño de las redes viales y de transporte, la localización geográfica de la

⁷⁷ Entre las razones más importantes se encuentran por ejemplo, desde el lado del mercado del trabajo, las formas particulares en que las personas buscan trabajo (si es por redes o por mercado abierto, por ejemplo), las capacidades que poseen las personas que buscan empleo comparadas con las capacidades que exigen los empleadores (y la capacidad de encuentro entre dichas capacidades), el nivel de desempleo en la ciudad que influye en el nivel de dificultad que las personas tienen para encontrar empleo cuando lo buscan, el conocimiento que las personas tienen acerca de los lugares en los que pueden encontrar empleo, la capacidad (económica y de tiempo disponible) con la que las personas que buscan empleo cuentan, así como la localización en el espacio urbano que poseen las personas que buscan trabajo con respecto a la localización de los empleos. Por su parte, el mercado de la vivienda puede afectar en mayor o menor medida la distancia de viaje al trabajo de las personas dependiendo de su fluidez, es decir, que tan fácil o que tan difícil es para las personas el cambiar de residencia cuando cambian de empleo. Cuando el mercado de la vivienda es fluido, éste afecta también la distancia de viaje (puede hacerlas más cortas por ejemplo, al permitirle a las personas cambiar de residencia cuando su empleo es lejano). Sin embargo, cuando no es así, son las condiciones del mercado de empleo las que determinan la distancia al trabajo, y el nivel de ingreso de la población puede, a su vez, afectar el grado de fluidez del mercado de la vivienda que posee cada familia.

población por nivel de ingreso, la calidad del ambiente peatonal, el nivel de monocentralidad, entre otros) puede modificar las decisiones de los habitantes de una ciudad sobre cómo y a dónde realizan sus viajes y, así, los patrones de movilidad urbana⁷⁸. Ello se debe, en general, a que dichos atributos de la forma urbana repercuten, en mayor o menor medida, en los niveles de accesibilidad que la población tiene a los recursos urbanos, pues un nivel dado de accesibilidad se traduce, al fin de cuentas, en costos o beneficios para dicha población, que elige un destino y la manera de llegar a él en función de un análisis acerca de qué le conviene más.

Cuando las personas buscan obtener un bien o servicio, en realidad generan una demanda, la cual satisfacen de la manera en que mayores beneficios, económicos o de otro tipo⁷⁹, esperen obtener. Una decisión sobre cómo acceder a un bien o servicio pueden ser, por ejemplo, acerca de cuál medio de transporte utilizar, lo que obedece en primer lugar a las opciones que una persona tiene disponibles (automóvil, transporte público, bicicleta, caminata, etc.), además del costo total que implique cada una de dichas opciones debido a factores como el precio del combustible o de las tarifas de transporte público, y debido a la distancia que necesiten recorrer, la cual se traduce en tiempo y se ve influenciada por la topografía, por las características de las vialidades, y por la calidad de los andadores peatonales y de las ciclistas, entre otros. Otra cuestión importante ante la necesidad de obtener un bien o servicio es la decisión sobre en qué lugar la demanda generada será satisfecha, es decir, el lugar de destino del viaje urbano, lo cual depende primero de en qué lugares es ofrecido el bien o servicio requerido, así como de que la persona que realizará el viaje tenga conocimiento de que dicha oferta existe, de su nivel de ingreso y de su capacidad de compra, de sus características sociodemográficas, de los encadenamientos entre viajes que le sea posible y más asequible realizar, lo cual a su vez se ve influido por otras de sus

⁷⁸ Que implican la generación de externalidades tanto económicas como ambientales. Entre las externalidades ambientales destaca la generación de emisiones de GEI a la atmósfera como producto de la movilidad en transporte motorizado.

⁷⁹ Como se mencionó en el capítulo anterior, las personas pueden basar sus decisiones tanto en beneficios económicos como en satisfacción personal, incluida la búsqueda de estatus, o en preferencias individuales relacionadas con la percepción de un conjunto de externalidades disponibles o con la presencia de familiares, amigos u otro tipo de organizaciones (Parr, 1987, cit. en Graizbord, 2008.: 90), así como en las necesidades, demandas y deseos de sus familias (Crane, 2000).

necesidades (como por ejemplo lugar y horario de trabajo, necesidades familiares, rutas que le parezcan más cómodas, etc.).

Además, es importante destacar que, en general, los niveles de accesibilidad de una persona de bajos ingresos no se modifican de la misma manera que los niveles de accesibilidad de una persona con ingresos altos o medios, así se trate de habitantes de la misma ciudad, puesto que las características socioeconómicas de la población pueden influenciar en gran medida el grado de importancia que cada variable supone para determinar la accesibilidad de un sector dado de la población. En general, la población de menores ingresos otorga una mayor importancia a factores que incrementen el costo económico de realizar un viaje, pues tales factores disminuyen su accesibilidad en gran medida, y dicha importancia tiende a disminuir cuando el nivel de ingreso de la población aumenta, por lo que las personas de ingresos altos pueden dar más importancia a factores como, por ejemplo, la comodidad, el tiempo de viaje o la búsqueda de estatus.

En Tijuana, destaca como causa de movilidad urbana la necesidad para la población de acceder al empleo, pues, además de que en México no se cuenta con un seguro de desempleo, la ciudad posee altos niveles de población ocupada en comparación con otras ciudades del país⁸⁰, siendo la tasa bruta de participación en Tijuana de 58.5 por ciento⁸¹, de manera que es posible considerar que dicho motivo de viaje es ineludible en la ciudad. Según el PDUE (1993, cit. en Alegría, 2004: 161) “en promedio, 37 por ciento de los desplazamientos intraurbanos de Tijuana se materializan en los viajes hacia el trabajo”. Específicamente, la accesibilidad que la población tiene al empleo en Tijuana se encuentra condicionada por la localización de las viviendas de las personas y por la localización de los lugares donde hay empleo (sector comercio y servicios e industria), de manera que obedece principalmente a los determinantes estructurales de la localización de la población y de los mercados de empleo. Dichos determinantes estructurales, por lo tanto, poseen gran importancia y se retoman a continuación.

⁸⁰ Según la ENOE 2013, Tijuana tiene 95.14 por ciento de población económicamente activa ocupada (PEA ocupada), mientras que, en promedio, las ciudades en las que fue aplicada la encuesta presentan un promedio de 94.96 por ciento de PEA ocupada.

⁸¹ La tasa bruta de participación es la PEA entre la población en edad de trabajar multiplicado por 100.

3.2 Generación de la forma urbana en Tijuana

Según la teoría revisada, el localizar una actividad en la ciudad tiene como propósito maximizar los beneficios o minimizar los costos de hacerlo. Sin embargo, tanto los negocios como las economías domésticas poseen el mismo interés, por lo que se establece una disputa por obtener la mejor ubicación en el espacio urbano, es decir, aquella que permita la mejor accesibilidad a los recursos urbanos. Como se mencionó antes, el precio del suelo posee un papel clave para la localización de las actividades económicas y de la población, pues constituye una restricción a la localización tanto para los negocios como para las economías domésticas (Alegría, 2009). En el caso de la población de Tijuana, el acceso que las familias tienen a la vivienda se encuentra en función del ingreso familiar, pues en la disputa por los recursos urbanos, aquellas familias con ingresos altos poseen una capacidad de pago que les permite diferenciarse⁸² (aunque la diferenciación es un resultado, generalmente no intencionado, del acceso a la vivienda) al acaparar las mejores localizaciones, cercanas a las zonas de la ciudad que concentran los recursos urbanos (los cuales frecuentemente son inmóviles), por lo que la mayor parte de la población con ingresos altos se ha localizado tradicionalmente en las áreas cercanas al centro de la ciudad (Ídem).

Por el contrario, en la búsqueda de conseguir una localización residencial ventajosa en cuanto a su relación espacial con los recursos urbanos, las familias de bajos ingresos solo han logrado obtener las localizaciones menos ventajosas, pues el mercado de la vivienda les impone limitaciones. Las invasiones de terrenos son una manera informal en que el sector de la población de bajos ingresos ha intentado evadir las limitaciones impuestas por el mercado de la vivienda, sin embargo, por lo general el resultado de las invasiones han sido grandes zonas periféricas, alejadas de los centros de trabajo y habitadas por personas de bajos ingresos⁸³ (Alegría, 2004). A lo anterior se ha añadido la urbanización, en los últimos años,

⁸² Según Alegría (1994), la diferenciación social se materializa como segregación social en el espacio urbano debido a que las personas, al identificarse con otras personas que tienen similares atributos de pago y conocimiento, van diferenciándose de los que tienen atributos diferentes, siendo las personas que se encuentran en la cúspide de la pirámide social quienes pueden diferenciarse con mayor facilidad, es decir, la capacidad de distinción decae cuando decae el ingreso. Así, la segregación socioespacial urbana de las personas con mayores ventajas se convierte en autosegregación.

⁸³ “Las invasiones se intentan al interior o en las periferias de la ciudad, en terrenos no urbanizados que tienen niveles positivos de accesibilidad. La menor distancia a las zonas de empleo de la localización final de los

de grandes extensiones de terrenos situados hacia la periferia de la ciudad, en los que por lo general se localiza una gran cantidad de vivienda formal, la cual en su mayor parte es de interés social, y una muy baja proporción de recursos urbanos (Alegría, 2008), de manera que la localización de las personas de bajos ingresos es usualmente hacia las zonas de crecimiento de la mancha urbana; la población de ingreso medios, por su parte, se localiza generalmente alrededor de personas con mayor ingreso⁸⁴.

Así “la localización de los ricos se explica mejor por razones sociológicas, la de los pobres, por razones económicas, y la de los grupos de ingreso medio por ambos tipos de razones” (Alegría, 2009, pág. 180), y las familias que poseen capacidad de consumo, con ingresos altos o medios, pueden adquirir vivienda localizada en zonas con buena accesibilidad al empleo, debido a que pueden pagar la renta del suelo, a diferencia de aquellas familias que no poseen dicha capacidad debido a que sus ingresos son bajos.

En el caso de los mercados de empleo en Tijuana, los centros de actividad terciaria han sido las zonas de la ciudad que poseen una mayor densidad de empleo, pues a pesar de la gran expansión industrial de las últimas décadas, la cual ha generado en los últimos años zonas periféricas con una creciente densidad de empleos, el sector comercio y servicios continúa concentrando la mayor parte del empleo local (Alegría, 2004). Según la ENOE 2013 cerca de 65 por ciento del empleo en Tijuana es en el sector terciario. Históricamente, las actividades del sector terciario se han concentrado en el centro de la ciudad y en sus zonas aledañas debido a elementos como la morfología del terreno (pendientes bajas), la proximidad con la garita internacional que facilita el acceso al mercado estadounidense, el sistema radial de transporte que hace coincidir la rutas ahí, y la complementariedad entre las actividades terciarias que surge de la aglomeración (Aragón, 2008).

intentos informales dependerá del bajo interés sobre esos terrenos que en ese momento tengan el capital comercial, industrial e inmobiliario, y de las condiciones políticas generales que permitan una negociación favorable. El resultado más frecuente son grandes zonas periféricas habitadas por personas de bajos ingresos, alejadas de los centros de trabajo” (Alegría, 2004: 160-161).

⁸⁴ En Tijuana “las zonas sociales están organizadas de manera casi concéntrica alrededor de las áreas ricas, disminuyendo el nivel social conforme nos alejamos de esas áreas” (Alegría, 2004: 167).

Además, los “mecanismos de mercado producen que los centros (terciarios) de mayor jerarquía estén espacialmente asociados con zonas de ingresos altos y medios” ya que las actividades de comercio y servicios, son determinadas por la cercanía de la demanda, es decir, de las familias con más ingreso y a que, debido a la influencia de las economías de escala y de localización, los niveles de centralidad de las zonas de actividades terciarias cercanas al centro tradicional de la ciudad por lo general son más altos que los de otras zonas de actividades terciarias (Alegría, 2009). Cuando la población tiene baja capacidad de consumo debido a que sus ingresos son menores, el área de mercado de los centros terciarios debe incrementarse para cubrir el volumen de mercado que le permita mantener la oferta de bienes y servicios, y la jerarquía de los centros terciarios ahí localizados disminuye. Así, las zonas más centrales se encuentran en el centro tradicional de la ciudad o cerca de él porque éste es cercano a las zonas habitadas por personas de ingresos altos⁸⁵ y, del centro de la ciudad hacia la periferia urbana, dichos niveles de centralidad tienden a disminuir⁸⁶, de manera que la jerarquía central en la ciudad se correlaciona espacialmente con el ingreso familiar, lo cual coincide con la teoría de localización de los centros, y forma una jerarquía de centros a la Christaller (Alegría, 2009).

La localización de las actividades del sector industrial, por su parte, ha respondido a las ordenanzas de usos del suelo de la ciudad; a la necesidad de ocupar grandes superficies (en comparación, por ejemplo, a la que requieren los negocios y las viviendas), lo que implica la búsqueda de precios del suelo relativamente bajos, que pueden encontrarse, por lo general, en la periferia de la ciudad, lejos del centro urbano⁸⁷ (Aragón, 2008) y; a la búsqueda de una buena accesibilidad al cruce fronterizo (Alegría, 2010). De tal manera, el empleo en el sector industrial posee una distribución más dispersa que el empleo en el sector terciario y más cercana a las zonas periféricas, en las que se localiza la población de bajos

⁸⁵ Alegría (2004) probó que “mayores salarios en una zona atraen empleos terciarios” mientras que “el empleo terciario en una zona no atrae mayores salarios”, es decir que “la aparición de empleos en la zona ocurriría después de un tiempo de que aparecieran residentes con altos salarios en esa zona”.

⁸⁶ Aunque no en forma estricta debido a los centros de actividad industrial, las concentraciones de empleo siguen relacionándose con áreas cercanas en las que la población no tiene ingresos bajos (Alegría, 2004).

⁸⁷ Ello además acarrea beneficios para las industrias debido a que las ubicaciones periféricas son próximas a la fuerza de trabajo, por lo que el precio de transporte al trabajo es menor y eso les permite capitalizarlo a partir de bonos para el transporte, salario y servicio de autobuses (Aragón, 2008).

ingresos. Este sector constituye cerca de 27 por ciento del empleo en la ciudad, según la ENOE 2013.

3.3 Características de la movilidad al trabajo en Tijuana

Al combinarse la lógica de localización del empleo con la lógica de localización de la población en Tijuana se tiene como resultado el que las viviendas de los pobres se encuentren, en general, más alejadas de las zonas que concentran mayores densidades de empleo. En su estudio, Alegría (2006) desarrolló un índice para estimar el precio de la accesibilidad a los lugares de empleo desde cada AGEB de Tijuana, el cual toma en cuenta el número de empleos en cada AGEB de la ciudad y la distancia entre cada una de dichas AGEB y la AGEB para la cual se estima el grado de accesibilidad. Después de estimar los índices de accesibilidad al empleo total en los sectores terciario e industrial para cada AGEB, el autor analizó la relación entre accesibilidad al empleo y salario, encontrando que las AGEB con mayores proporciones de habitantes de bajos ingresos (o menores proporciones de residentes de ingresos altos) concentran los menores niveles en términos de acceso a los lugares de empleo, y que la accesibilidad al empleo incrementa con los promedios más altos de salarios en las AGEB. Es decir, que la tendencia espacial en Tijuana es que las AGEB con mayores proporciones de habitantes de ingresos altos tienen una mayor accesibilidad al empleo.

A pesar de ello, los desplazamientos hacia el trabajo son necesarios, en especial para el sector de la población de ingresos bajos que, en porcentaje, debe realizar más viajes con dicho motivo que quienes cuentan con mayores ingresos. Ello se debe a que, para los pobres, los costos de acceder a los recursos urbanos son mayores que para los ricos, tanto de manera directa (debido a las mayores distancias: tiempo, consumo de gasolina, tarifas de transporte público) como de manera indirecta (debido a la redistribución regresiva del ingreso), por lo que es muy probable que sean los pobres quienes menos viajes “no ineludibles”, como lo son los viajes al trabajo, realicen⁸⁸.

⁸⁸ Como se mencionó en el capítulo anterior, algunos estudios han demostrado que menores costos de transporte incentivan el viajar. Para la población de ingresos altos, un viaje que cuesta lo mismo es, en proporción a sus ingresos, más barato que para la población de ingresos bajos.

Por el contrario, para quienes cuentan con mayores ingresos, al tener una mejor accesibilidad al empleo, los viajes con dicho motivo no deben representar un coste elevado en comparación a sus niveles de ingresos, lo que les permite realizar más viajes con otros motivos, a los cuales también es muy probable que tengan una buena accesibilidad en el espacio urbano⁸⁹, (como por ejemplo ir a la escuela, de compras o acceder a actividades recreativas), así como una mayor capacidad adquisitiva de los mismos. Además, en general, las personas de nivel socioeconómico elevado cuentan con niveles más elevados de educación, calificación o capacitación técnica, así como de acceso a la tecnología (como por ejemplo el internet), por lo que es probable que, específicamente para este sector de la población, las telecomunicaciones jueguen un papel importante en la reducción de la necesidad de emprender viajes al trabajo, pues pueden contar más fácilmente con empleos que les permitan realizar sus actividades desde su residencia.

De tal manera, la población de bajos ingresos se ve restringida a la realización de viajes más largos hacia su lugar de empleo, en comparación a quienes poseen mayores ingresos, tanto por su nivel de accesibilidad al empleo, el cual es bajo, como por su propia condición económica, la cual reduce aún más sus posibilidades. Asimismo, aunque la teoría indica que un nivel bajo de accesibilidad puede ser causa de la realización de menos viajes, en el caso de Tijuana eso no sucede debido a que quienes realizan los viajes más largos los realizan forzados por la distribución de las actividades en el espacio urbano. En otras palabras, la elasticidad-ingreso de los viajes por persona por día es casi nula (quizá negativa) para la personas con ingresos altos.

En Tijuana, los viajes al trabajo son realizados por la población en transporte público o en transporte privado. A las largas distancias entre las viviendas de los pobres y la localización de las mayores concentraciones de empleo, se suma la topografía accidentada de la ciudad, lo que convierte a ambos factores en limitantes para la utilización de medios de transporte no motorizados. Según el Implan (2010), 60 por ciento de la población de Tijuana hace uso del transporte público, en especial quienes cuentan con menores ingresos (Maldonado, 2006). Debido a que Tijuana carece de un sistema integral de transporte

⁸⁹ Como consecuencia de la aglomeración de actividades.

público, trasladarse a través de este medio es por lo general poco eficiente, pues las distintas rutas de transporte no coinciden en puntos específicos al no existir estaciones de transferencia, ni están coordinadas para comunicar de manera directa los distintos puntos de la ciudad, pues la mayor parte de las rutas se concentran en el área urbana comprendida entre la zona Centro y el cruce de la 5 y 10, mientras que las zonas alejadas permanecen desprovistas de un servicio de transporte público acorde a las necesidades de sus residentes y, aunque la localización de la industria ha incrementado la accesibilidad para sus trabajadores, el sector terciario continua siendo el mayor punto de atracción de viajes al trabajo en la ciudad.

Debido a lo anterior, los trabajadores que viajan desde sus viviendas hasta sus empleos deben muchas veces tomar dos o tres distintos autobuses o taxis en cada sentido. A ellos se suman el congestionamiento vial, la falta de carriles exclusivos para el transporte público y de infraestructura de apoyo, las continuas paradas y las condiciones de los vehículos, los cuales incrementan los tiempos de recorrido en transporte público. De tal manera, cuando las personas residen lejos de su lugar de trabajo y deben utilizar transporte público para trasladarse, las longitudes de viaje incrementan no solo debido a la distancia entre el lugar de residencia y el lugar de empleo, sino también debido a la logística del sistema de transporte, que constituye un factor de disminución de la accesibilidad al empleo para los usuarios que, como ya se mencionó, son usualmente personas de bajos ingresos.

Cuando los viajes hacia el trabajo se realizan en transporte privado, quienes realizan dichos viajes pueden contar tanto con un nivel bajo de ingresos como con un nivel alto o medio. Ello se debe a que la localización fronteriza de Tijuana facilita en gran medida la adquisición de vehículos de segunda mano provenientes de Estados Unidos, por lo que incluso la población que no cuenta con la capacidad económica para comprar un automóvil de modelo reciente, tiene la posibilidad de acceder a un vehículo importado de segunda mano, que bien puede ser importado y registrado, o bien puede no serlo debido al costo económico que ello implica. Una gran proporción de los automóviles particulares pertenece a personas de bajos ingresos, para quienes muchas veces es prácticamente imposible solventar el costo de importar, registrar y mantener en condiciones mecánicas favorables dichos

vehículos particulares. La facilidad para acceder a este tipo de vehículos particulares y la ineficiencia del sistema de transporte público, causan que en muchas ocasiones sea más asequible para la población de menores ingresos el trasladarse en vehículos particulares y, como su localización con respecto al empleo es lejana, los recorridos en este tipo de vehículos particulares son por lo general largos.

Por su parte, quienes poseen un vehículo particular, ya sea de modelo reciente o de segunda mano, y cuentan con ingresos medios a altos, también tienen mayores facilidades tanto para adquirir automóviles propios como para mantenerlos en condiciones mecánicas favorables, que les permitan trasladarse hacia sus empleos de una manera cómoda, en comparación a lo que representaría viajar caminando o en transporte no motorizado, pues la reducida presencia de vialidades peatonales y ciclopistas, y la falta de interconexión entre las pocas existentes, así como sus malas condiciones, generan un ambiente hostil para quienes hacen uso de medios de transporte no motorizados. Además, el uso del automóvil como medio de transporte puede ser también una cuestión de estatus para el sector de la población de ingresos que no son bajos⁹⁰. Así, aunque por lo general dicha población reside cerca de las zonas con accesibilidad al empleo y, por lo tanto, es probable que no deba recorrer distancias tan grandes para acceder a su lugar de trabajo, la decisión a favor de dicho medio de transporte en general no se modifica.

3.4 Determinantes de los viajes al trabajo

Como se ha descrito, la utilización de vehículos motorizados por parte de la población con el propósito de acceder al empleo en Tijuana es prácticamente inevitable debido a una variedad de circunstancias. Sin embargo, el total de kilómetros vehiculares recorridos en la ciudad puede modificarse a través de la disminución de las distancias promedio de viaje de la población, en particular de las distancias promedio de los viajes al trabajo, ya que una gran proporción de los viajes urbanos son, como antes se describió, para acceder al empleo. Dadas las condiciones en que se llevan a cabo los viajes al trabajo, puede inferirse que cuando las

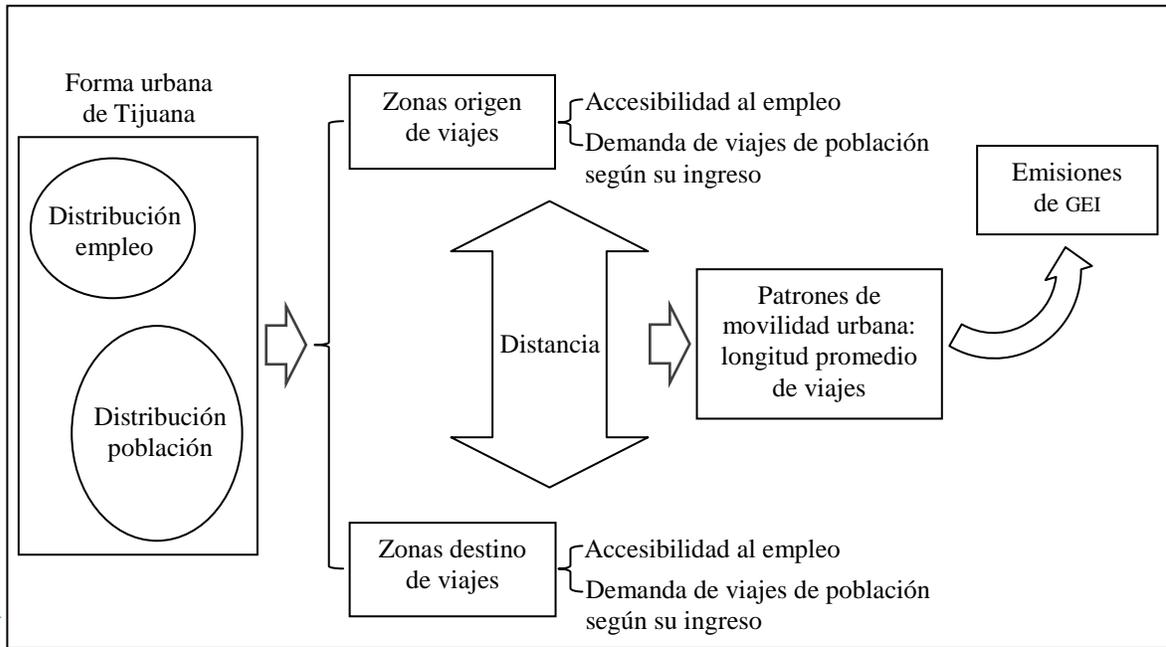
⁹⁰ Graizbord (2011) menciona que tener auto se ha convertido en asunto de estatus para la mayoría de la población.

personas viven cerca de las concentraciones de empleo es más probable que trabajen cerca de su lugar de residencia, en especial cuando dichas personas cuentan con ingresos económicos bajos, de manera que las distancias de viaje al trabajo deben hacerse más cortas en promedio. Por el contrario, cuando las personas viven lejos de las concentraciones de empleo, las posibilidades de que trabajen cerca de su lugar de residencia disminuyen, y puede inferirse que las distancias de viaje al trabajo deben incrementarse en promedio.

Así, es posible suponer que los niveles de accesibilidad de los residentes de la ciudad al mercado del trabajo modifican las características de los viajes al trabajo en general y, propiamente, que la longitud promedio de dichos viajes no solo varía con la accesibilidad, sino que muy probablemente disminuye cuando la accesibilidad incrementa. Además, puede inferirse que debido a la segregación de la población que concentra a quienes tienen ingresos bajos en áreas específicas del espacio urbano y a la localización lejana al empleo de dichas áreas, un viaje al trabajo de una persona de nivel socioeconómico bajo implica, por lo general, una distancia más larga que la de una persona de ingresos más altos, por lo que la longitud promedio de los viajes al trabajo debe incrementar cuando el nivel de ingresos de la población disminuye. Así, es posible argumentar que tanto el grado de accesibilidad al empleo como el ingreso promedio de la población son variables determinantes de la distancia promedio de los viajes al trabajo en la ciudad.

En la figura 3.1 puede apreciarse un esquema de causalidad en el que la longitud promedio de los viajes al trabajo influye en la cantidad de emisiones de GEI generadas por el transporte y, a su vez, en términos conceptuales, depende de la accesibilidad al empleo y de la demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso, las cuales son determinados por la distribución en el espacio urbano de la concentración del empleo y de la población según su ingreso promedio.

Figura 3.1 Esquema de causalidad



Fuente: Elaboración propia con base en la discusión de la literatura revisada con el director de tesis.

3.5 Modelo conceptual

Ya que se considera que los componentes de la forma urbana que más modifican la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado, son por un lado la accesibilidad al empleo y, por otro lado, la demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso, en esta investigación se plantea un modelo básico de regresión que permite analizar dicha relación, en el cual la longitud real de los viajes al trabajo es considerada como la variable dependiente. Como variables independientes se consideran indicadores de los principales determinantes ya referidos. Estos son los siguientes: i) la accesibilidad para cada persona desde su lugar de residencia hasta las zonas de empleo, que es medida con un potencial de acceso a empleo el cual depende de las cantidades de empleo en toda la ciudad y de las distancias entre dichas cantidades y la zona de la ciudad en que reside la persona para la cual es estimada la longitud de viajes; ii) El potencial de demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso, que es indicado con la distribución de la población, de la cual se conoce su nivel de ingreso a partir de la atribución de un salario promedio a cada

persona y, con base en ello, es que se conoce la distribución de la población por nivel de ingreso.

El modelo básico de regresión planteado es calculado tomando en cuenta: i) todo el empleo; ii) el empleo en el sector secundario y; iii) el empleo en el sector terciario, lo que permite conocer si las hipótesis planteadas se cumplen de igual manera para ambos sectores de actividad. Además, el modelo se analiza por separado para transporte público y para transporte privado, ya que como se describió antes, las condiciones en que se llevan a cabo los viajes en cada modo, ya sea público o privado, son distintas. Asimismo, la variable dependiente “distancia real de los viajes al trabajo” es sustituida en todas las versiones del modelo por la variable dependiente “tiempo real de los viajes al trabajo”, a fin de revisar si el comportamiento de ambas variables dependientes es similar cuando se consideran en función de los determinantes propuestos por el modelo⁹¹.

De comprobarse la hipótesis 1, el potencial de acceso a empleo debe tener valores negativos cuando la longitud (y el tiempo) real de los viajes aumente, lo que significa que las concentraciones más altas de empleo se encuentran más alejadas de la población para la cual se está estimando la longitud de viaje, o que concentraciones más bajas de empleo se encuentran más cercanas a la población para la cual se está estimando la longitud de viaje.

De comprobarse la hipótesis 2, el nivel de ingreso de la población debe ser negativo cuando la longitud (y el tiempo) real de los viajes aumente, lo que significa que entre menor es el ingreso de las personas, los viajes en transporte motorizado son más largos (y, por lo tanto, duran más, pues en Tijuana a una distancia más larga, se suma una mala conectividad).

Para estimar las cantidades de emisiones de GEI producidas por los viajes al trabajo desde cada zona de la ciudad, se considera la información agregada sobre las distancias de

⁹¹ Pues, como se mencionó antes en este trabajo, el tiempo de viaje puede ser menor o mayor para una misma distancia recorrida cuando la infraestructura urbana permite o no permite una buena conectividad. En Tijuana no se tiene una buena conectividad urbana entre los distintos puntos de la ciudad en general, y sobre todo no se tiene cuando se utiliza el transporte público, por lo que se espera que, en especial para los viajes desde la casa al trabajo en transporte público, el tiempo de viaje incremente cuando la accesibilidad al empleo y el nivel de ingreso disminuyan.

viaje a escala de 'zona de transporte'⁹², ya que las fuentes de información que son empleadas presentan la información sobre los viajes de las personas a dicho nivel de agregación. Para ello, se alimenta un modelo de emisiones adecuado para la ciudad de Tijuana con los datos de las distancias promedio de viaje al trabajo desde cada zona. Sin embargo, debido a que dichas distancias solo se conocen de manera aproximada, las cantidades de las emisiones solo constituyen, al igual, cantidades aproximadas. Aun así, ello permite conocer cómo varían las emisiones cuando la distancia promedio de los viajes al trabajo cambia.

⁹² Como se ha expuesto en el capítulo de revisión de la literatura, el análisis de los patrones de movilidad a escala agregada puede permitir la identificación de la relación entre variables de la forma urbana y elementos de la movilidad.

CAPÍTULO IV

ESTRATEGIA METODOLÓGICA: MODELO OPERATIVO

Como se mencionó con anterioridad, aunque la distancia (y el tiempo) de viaje desde las zonas de residencia hasta los lugares de empleo constituyen variables que pueden ser explicadas por factores diversos, la información con que se cuenta para la construcción de una prueba de hipótesis no permite considerar todos los determinantes, por lo que se creó un modelo reducido⁹³ en el que se consideraron algunas de las variables explicadoras relevantes según la teoría revisada. El objetivo principal de esta investigación es analizar el efecto de la forma urbana de Tijuana en los patrones de movilidad de los habitantes de cada zona de la ciudad y, por lo tanto, en la cantidad de emisiones de GEI que es provocada por dicha movilidad. La conceptualización que se plantea propone que las variables ‘accesibilidad al empleo’ y ‘potencial de demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso’ tienen un efecto en la variable ‘longitud real de los viajes en transporte motorizado de la población’ y, debido a ello, en la ‘cantidad de emisiones de GEI’ resultantes.

4.1 Indicadores

Para llevar a cabo el análisis, las variables expuestas se tradujeron en indicadores, y se construyeron modelos de regresión que combinan estadísticamente los indicadores de la forma urbana con la longitud de los viajes, en donde la distancia real en kilómetros de los viajes al trabajo en transporte motorizado es el indicador de la variable dependiente. Los indicadores de las variables independientes son el potencial de acceso a empleo y el nivel de ingresos de la población, como sigue:

$$LV_j = f (Pae_j, I_{xj}) \qquad \text{Ecuación 4.1}$$

⁹³ En econometría, un modelo estructural es aquel en el que están todos los factores que explican una variable dependiente y, cuando no se tienen todas las variables explicadoras en un modelo porque no se conocen al modelo se le llama un modelo reducido.

Donde:

LV_j es la longitud de viaje al trabajo de cada persona j ; Pae_j es el potencial de acceso a empleo para la persona j ; I_{xj} es el nivel de ingresos 'x' de la persona j .

La cantidad de emisiones de GEI generada en cada zona de la ciudad, se encuentra en función de la distancia promedio en kilómetros de los viajes al trabajo en transporte motorizado desde cada zona de la ciudad⁹⁴, así:

$$GEI_n = f (LV_n) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde:

GEI_n es la cantidad de emisiones de GEI producida por los viajes desde la zona de transporte n ; LV_n es la longitud promedio de los viajes al trabajo desde la zona de transporte n .

Además, como una aportación adicional a la comprobación de las hipótesis de investigación, este estudio se propone probar que, metodológicamente, las variables independientes antes mencionadas poseen el mismo efecto en el 'tiempo real de los viajes al trabajo en transporte motorizado de la población' que en la longitud de dichos viajes, ya que tanto la variable de tiempo como la variable de distancia pueden constituir la variable dependiente (de la movilidad urbana) que se ve influenciada por la forma urbana. De tal manera, en los modelos de regresión a probar en esta investigación, se incluye también la variable de tiempo de viaje como variable dependiente del potencial de acceso a empleo y del nivel de ingresos de la población, como sigue:

$$TV_j = f (Pae_j, I_{xj}) \quad \text{Ecuación 4.3}$$

⁹⁴ Las zonas de la ciudad son consideradas para el análisis como "zonas de transporte".

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje al trabajo de cada persona j ; Pae_j es el potencial de acceso a empleo para la persona j ; I_{xj} es el nivel de ingresos 'x' de la persona j .

Cuadro 4.1 Indicadores de las variables propuestas en el modelo

<i>Concepto</i>	<i>Variable</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de datos</i>
Forma urbana	Accesibilidad al empleo	Distribución del empleo: potencial de acceso a empleo para cada persona	-Censos Económicos 2003
	Potencial de demanda de viajes de población según su nivel de ingreso	Distribución de la población por nivel de ingreso: nivel de ingresos de la población en cada zona de transporte (nivel de ingresos y localización de cada persona)	-Censo de Población y Vivienda 2000 -Encuesta O-D
Movilidad urbana	Longitud real de viaje	Kilómetros	-Encuesta O-D
	Tiempo real de viaje	Minutos	-Encuesta O-D
Emisiones de GEI	Emisiones	Toneladas	-Modelo de emisiones -Censo y Conteo de Población y Vivienda 2000 y 2005 -Encuesta O-D

Fuente: Elaboración propia con base en apreciaciones hechas por el Dr. Tito Alegría.

4.1.1 Potencial de acceso a empleo

La accesibilidad al empleo en la ciudad se calculó de manera agregada a escala de zona de transporte, lo que significa que el potencial de acceso a empleo (Pae) atribuido a cada persona depende de su localización en la ciudad, es decir, de la zona de transporte en que se localiza su residencia. El Pae depende de las cantidades de empleo en toda la ciudad y de las distancias entre dichas cantidades y la zona de transporte para la cual es estimado el potencial.

Es importante señalar que el indicador accesibilidad al empleo, fue calculado de tres diferentes maneras: 1) se consideró la suma del empleo terciario y del de manufactura (empleo total); 2) se consideró solo el empleo terciario, y; 3) se consideró solo el empleo de manufactura. Ello permite conocer si la hipótesis 1 se cumple para ambos sectores de empleo, si se cumple más para uno que para otro, o si no se cumple en ninguno.

El cálculo del potencial de acceso a empleo se llevó a cabo primero a escala de AGEB urbana, debido a que la información disponible (Censos Económicos, INEGI) sobre la cantidad de empleo se encuentra a dicho nivel de agregación. Una vez calculado el Pae a escala de AGEB, se atribuyeron los valores de Pae a las zonas de transporte de la ciudad y, de ahí, a cada persona. El cálculo de los potenciales de acceso a empleo, a escala de AGEB urbana, se realizó a través de las siguientes ecuaciones:

$$Pae_{tj} = (E_{ta} / d_{aj}) + (E_{tb} / d_{bj}) + (E_{tc} / d_{cj}) \dots (E_{tn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$Pae_{xj} = (E_{xa} / d_{aj}) + (E_{xb} / d_{bj}) + (E_{xc} / d_{cj}) \dots (E_{xn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$Pae_{yj} = (E_{ya} / d_{aj}) + (E_{yb} / d_{bj}) + (E_{yc} / d_{cj}) \dots (E_{yn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Donde:

Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la AGEB j ; E_{tn} es el empleo total en cada una de las AGEB; d_{nj} es la distancia desde cada una de las AGEB hasta la AGEB j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la AGEB j ; E_{xn} es el empleo terciario en cada una de las AGEB; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la AGEB j ; E_{yn} es el empleo industrial en cada una de las AGEB.

4.1.2 Nivel de ingresos de la población

Para conocer el nivel de ingresos de la población, se creó un indicador de ingreso promedio que fue asignado a cada habitante a partir de su localización residencial en el espacio urbano, es decir, en función de la zona de transporte en la cual se encontraba su residencia. Para ello se utilizó información de INEGI (Censo de Población y Vivienda) sobre la distribución del ingreso en Tijuana a escala de AGEB urbana, la cual se transformó a escala de zona de transporte y después se asignó a cada persona. Una vez conocido el ingreso promedio de cada persona encuestada, es posible conocer cómo varían las variables dependientes (distancia y tiempo) cuando el nivel de ingreso de la población cambia y, así, si se cumple la hipótesis 2.

El cálculo del ingreso promedio en cada AGEB urbana, se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$I_{pj} = (P_{bj} * S_1) + (P_{mj} * S_2) + (P_{aj} * S_3) \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Donde:

I_{pj} es el ingreso promedio en la AGEB j ; P_{bj} es la población ocupada que recibe hasta 2 s.m.m. en la AGEB j ; S_1 es el promedio del primer rango de ingreso (hasta 2 s.m.m.); P_{mj} es la población ocupada que recibe más de 2 y hasta 5 s.m.m. en la AGEB j ; S_2 es el promedio del segundo rango de ingreso (más de 2 y hasta 5 s.m.m.); P_{aj} es la población ocupada que recibe más de 5 s.m.m. en la AGEB j ; S_3 es el promedio del tercer rango de ingreso (más de 5 s.m.m.).

4.1.3 Variables dependientes: longitud de viaje y tiempo de viaje

Para conocer el comportamiento de las variables dependientes en función del potencial de acceso a empleo y del nivel de ingreso, se plantearon por separado los modelos de regresión correspondientes a cada una de las variables dependientes, lo que resulta en dos modelos distintos, en el primero de los cuales la variable dependiente es la longitud real de viaje de cada persona, mientras que en el segundo de ellos la variable dependiente es el tiempo real de viaje. Además, ambos modelos se corrieron por separado para el transporte público y para el transporte privado, por lo que finalmente se tienen cuatro variables dependientes distintas en los modelos de regresión analizados:

- 1) Longitud de viaje en transporte público
- 2) Tiempo de viaje en transporte público
- 3) Longitud de viaje en transporte privado

4) Tiempo de viaje en transporte privado.

4.1.4 Ecuaciones de regresión propuestas

La combinación de las tres formas en que se consideró el indicador de potencial de acceso a empleo (empleo total, empleo sector secundario, empleo sector terciario) con las cuatro modalidades en que se calcularon las variables dependientes (longitud-transporte público, tiempo-transporte público, longitud-transporte privado, tiempo-transporte privado), dio como resultado la obtención de doce ecuaciones de regresión a ser estimadas para la comprobación de las hipótesis de investigación, las cuales se enlistan a continuación⁹⁵:

Ecuaciones para transporte público (variable dependiente: longitud de viaje):

$$1) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$2) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.9}$$

$$3) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Ecuaciones para transporte público (variable dependiente: tiempo de viaje):

$$4) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

$$5) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

$$6) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.13}$$

⁹⁵ En este trabajo se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple debido a que la base de datos de la Encuesta O-D presenta la información de los viajes por persona, por lo al emplear este modelo de regresión la intención fue conservar la mayor parte de la información posible, es decir, no se emplearon otros modelos de regresión como por ejemplo el modelo de regresión logística multinomial a fin de no “categorizar” por rangos las variables dependientes pues de dicha manera se hubiese perdido información.

Ecuaciones para transporte privado (variable dependiente: longitud de viaje):

$$7) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.14}$$

$$8) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

$$9) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Ecuaciones para transporte privado (variable dependiente: tiempo de viaje):

$$10) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$11) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

$$12) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

Es conveniente hacer mención en este apartado de la metodología de una particularidad correspondiente a los modelos en que será estimada la longitud de viaje como variable dependiente (ecuaciones: 4.8, 4.9, 4.10, 4.14, 4.15 y 4.16). Ya que puede prestarse a confusión el hecho de que las ecuaciones (ecuaciones: 4.4, 4.5 y 4.6) para el cálculo de los Pae para empleo total, terciario e industrial utilizan la distancia de la AGEB j (es decir, de la AGEB para la que se calcula el Pae) a cada una de las demás AGEB de la ciudad de un lado de la ecuación y, al mismo tiempo, del otro lado de la ecuación se encuentra una variable de distancia (la de longitud de viaje al trabajo), cabe aclarar que dichas variables de “distancia”

son distintas de cada lado de la ecuación y no se autocorrelacionan. La variable de distancia “LV_j” de los modelos de regresión para probar las hipótesis de esta investigación son las distancias reales que cada persona tiene a su lugar de empleo. Por otra parte, la variable de distancia “d_{nj}” de las ecuaciones para calcular los Pae son, en conjunto, una expresión de la distribución del empleo en toda la ciudad y expresan las distancias que podrían ser recorridas por cada habitante que reside en en la AGEB a la que corresponde el Pae calculado, pero no las distancias que en la realidad dicho habitante recorre. En síntesis, el indicador de accesibilidad al empleo hace referencia a todo el empleo de la ciudad y no al empleo de una persona⁹⁶.

4.2 Fuentes de información

Las fuentes de información a utilizar en esta investigación son las siguientes: a) la Encuesta domiciliaria de origen y destino de viajes urbanos, que forma parte del “Estudio Integral para la Reestructuración de Rutas del Transporte Público de Pasajeros en el Municipio de Tijuana, B.C.”, llevado a cabo por el Implan en 2004; b) los Censos Económicos 2003 realizados por el INEGI; c) el modelo de emisiones de GEI para el sector transporte desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC como parte del “Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California”; d) el Censo General de Población y Vivienda 2000 realizado por el INEGI; e) el Conteo de Población y Vivienda 2005 realizado por el INEGI. Las fuentes de información mencionadas se describen a continuación.

⁹⁶ La accesibilidad al empleo es un explicador de la distancia real de viaje al trabajo de una persona, y no al revés, porque una persona puede viajar lejos al trabajo aún teniendo empleo cerca y puede viajar cerca a su empleo aún cuando las concentraciones de empleo a su alrededor no sean altas, es decir, la longitud de viaje individual no afecta la distribución del empleo en toda la ciudad. En cambio, lo que se trata de probar en este trabajo es que cuando las personas tienen una buena accesibilidad al empleo (concentraciones altas de empleo cercanas a sus residencias), las decisiones individuales sí se ven afectadas y la tendencia general es recorrer una menor distancia.

4.2.1 Encuesta domiciliaria de origen y destino de viajes urbanos (Encuesta O-D)

La Encuesta O-D fue utilizada como fuente de información para conocer datos sobre los viajes y sobre la demanda de viajes de la población según su ingreso. El Estudio Integral para la Reestructuración de Rutas del Transporte Público de Pasajeros en el Municipio de Tijuana, B.C., del cual forma parte la Encuesta O-D, fue llevado a cabo con el objetivo de realizar un diagnóstico de la situación del transporte público en Tijuana, a fin de dictar políticas de desarrollo, diseñar estrategias y precisar las acciones que permitieran modernizar y mejorar el sistema de transporte urbano de la ciudad, incrementar la competitividad en el sector, y hacerlo más eficiente, confiable y seguro, para lo cual se consideraron elementos de evaluación técnica, económica, financiera, ambiental y de fortalecimiento institucional, a fin de resolver de manera integral la situación del transporte público.

El levantamiento de la Encuesta O-D fue realizado en los centros de población de las tres localidades que constituyen la Zona Metropolitana de Tijuana, Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito, y en las franjas y poblados que rodeaban en 2004 el área urbana de las tres localidades y que eran susceptibles a ser absorbidos por dicha área. Las áreas resultantes de dicha delimitación territorial fueron subdivididas en polígonos más pequeños (zonas de transporte), los cuales fueron definidos con base en un criterio de homogeneidad en cuanto a usos del suelo, densidad de población, tipo de vivienda y nivel socioeconómico, además de que se tomó en cuenta la zonificación existente derivada de estudios anteriores⁹⁷ a fin de hacer posible la realización de comparaciones futuras.

El resultado de la zonificación fue de 197 zonas de transporte, de las cuales 188 correspondían a Tijuana, 3 a Tecate, 3 a Playas de Rosarito, y 3 a las garitas internacionales de San Ysidro, de Otay y de Tecate. La encuesta fue aplicada en 5,667 hogares, y de este número de cédulas levantadas 5,135 fueron calificadas como completas. La encuesta registró

⁹⁷ El primero de ellos realizado en el año 1998 por una empresa consultora contratada por el XV Ayuntamiento de Tijuana para la realización de un estudio de transporte urbano de acuerdo a los términos de referencia de Sedesol para estudios de transporte en ciudades medias. Dicho estudio cubrió los aspectos de infraestructura vial, transporte público y tránsito vehicular y, además, en él se basó el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tijuana 2005-2022. El segundo de ellos fue realizado en el año 2000 por una empresa consultora contratada por el Fideicomiso Corredor Tijuana-Rosarito 2000, con el propósito de pronosticar la demanda de la nueva obra de infraestructura vial, y en él se actualizaron los aspectos de tránsito vehicular e infraestructura vial.

información sobre cada uno de los viajes realizados en cada domicilio encuestado durante un día hábil, y permite conocer datos específicos acerca de la localización del punto de partida y del destino de dichos viajes, el propósito (trabajo, estudio, compras, domicilio, otro), el horario de salida y de llegada, los medios de transporte utilizados (a pie, automóvil, autobús urbano, microbús o calafia, taxi de ruta, taxi libre, transporte de personal, transporte escolar, bicicleta, motocicleta, otro). Asimismo, la encuesta registró datos de los miembros de cada hogar (número, edad, sexo, situación laboral, grado de escolaridad, ciudad de trabajo, si cuenta con licencia de conducir), de los medios de transporte propios de los residentes (cantidad y lugar de emplacamiento), e información general de la vivienda (tipo, calidad, si es propia o rentada, material de construcción).

4.2.2 Censos Económicos 2003

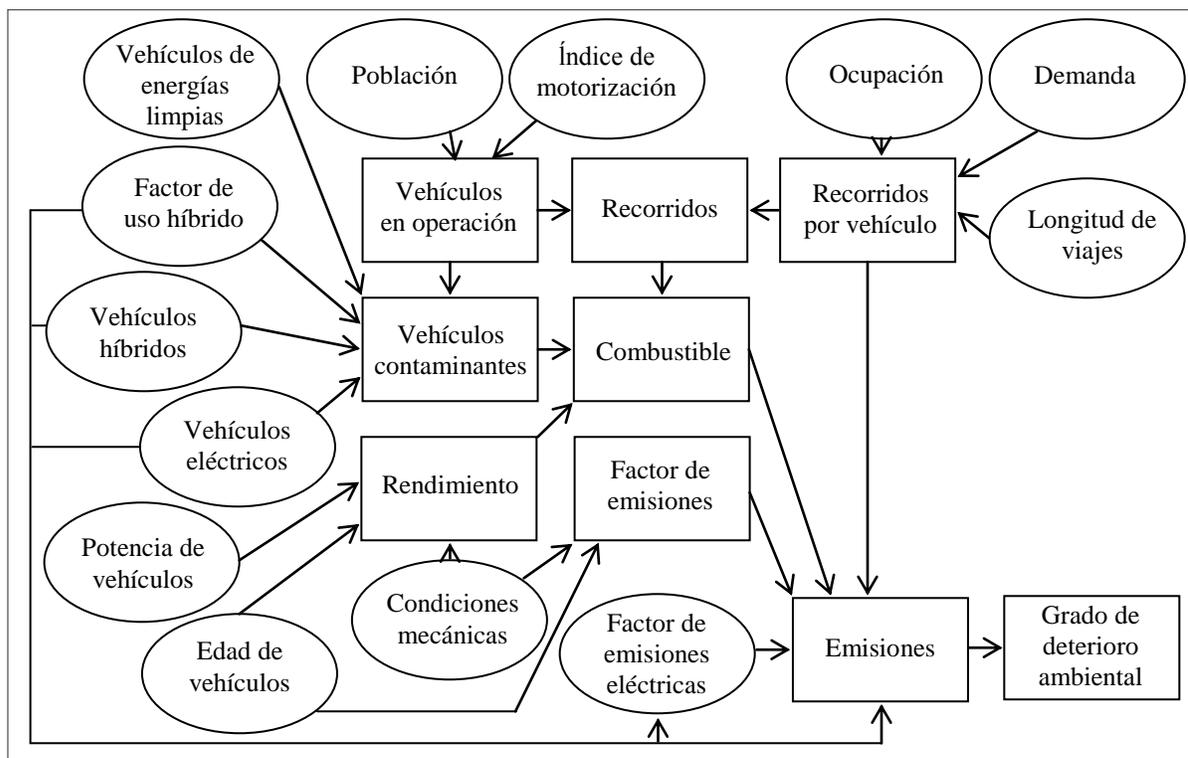
Los datos sobre la distribución del empleo se obtuvieron a partir de los Censos Económicos 2003 del INEGI, los cuales se encuentran agregados a escala de AGEB urbana. Los datos sobre la cantidad de empleos por AGEB se encuentran divididos por sector de actividad económica y, debido a que las principales actividades económicas en Tijuana son las de los sectores industrial y terciario, la cantidad de empleo que fue considerada en cada AGEB fue la correspondiente a cada uno de los dos sectores mencionados.

4.2.3 Modelo de emisiones de GEI para el sector transporte (Modelo de emisiones)

A través del Modelo de Emisiones se conocieron datos acerca de la cantidad de emisiones de GEI per cápita generadas en cada zona de la ciudad a partir de las distancias promedio recorridas por los habitantes a través de transporte motorizado para acceder a sus empleos. El objetivo del apartado dedicado al Transporte del Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California fue determinar la contribución al cambio climático del transporte terrestre de Baja California, a través de la validación y calibración de las emisiones que se produjeron durante el período 1982-2012 y el pronóstico de las que pudieran ser generadas hasta el año 2042, así como identificar impactos, vulnerabilidad y opciones de mitigación y adaptación al cambio climático del sector transporte.

Para el cálculo de las emisiones de GEI del sector transporte en Baja California, se generó un submodelo adecuado al transporte que se encuentra basado en el modelo de emisiones de GEI⁹⁸ implementado para la realización del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC). El submodelo de transporte (que es el Modelo de emisiones de esta investigación) está conformado por 22 variables, de las cuales 13 son independientes, es decir, deben de alimentarse con datos, y 9 son dependientes, lo que significa que el modelo las calcula en función del primer grupo de variables. En la figura 4.1 puede observarse la relación entre las variables, además de que se muestra si son independientes (enmarcadas en óvalos) o dependientes (enmarcadas en rectángulos).

Figura 4.1 Relación entre variables del Modelo de emisiones para el sector transporte



Fuente: Elaboración propia a partir de la figura del submodelo de transporte del PEACC-BC (2012: 86)

⁹⁸ El cual siguió las directrices establecidas por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) para el año 1996 o en su defecto 2006, y tomó en cuenta las particularidades debido a las condiciones de Baja California en cada una de las categorías para las que se estimaron las emisiones de GEI, las cuales fueron: energía (que puede desagregarse en industria energética, industria manufacturera, transporte, y otros sectores: residencial, comercial, servicios, agrícola); procesos industriales; agricultura; desechos, y; cambio de uso de suelo y silvicultura.

El modelo de emisiones puede ser aplicado a la totalidad del estado de Baja California cuando se alimenta con indicadores generales a escala estatal, y también puede aplicarse por área de estudio, para lo cual se divide en las zonas de: ciudad de Mexicali; Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito; ciudad de Ensenada, y; zonas no urbanas de Baja California. Para ello es necesario alimentar el modelo con indicadores adecuados a cada área de estudio, pues cada una de ellas cuenta con características particulares⁹⁹. La utilidad del modelo es que, definidas las variables y sus interrelaciones, es posible experimentar con la modificación de las variables para conocer el comportamiento de las emisiones de GEI. A continuación se describen las variables del modelo y se muestran los valores con que se alimentó el mismo para ser aplicado a la ciudad de Tijuana en los años 2003-2004 (ver cuadro 4.2).

Cuadro 4.2 Variables del Modelo de emisiones de GEI para el sector transporte

Variable	Simbología	Algoritmo		Descripción
		2003	2004	
Ocupación	O	1.922	1.920	Promedio de pasajeros por unidad
Demanda	D	4,451	4,442	Cantidad de viajes por vehículo por año
Longitud de viajes	L	Varía por zona		Cantidad promedio de kilómetros recorridos por viaje
Recorridos por vehículo	Rv	$Rv=DL/O$		Promedio de kilómetros recorridos anualmente por cada vehículo
Población	P	Varía por zona		Cantidad de habitantes
Índice de motorización	M	0.478	0.497	Promedio de vehículos por habitante
Vehículos en operación	V	$V=PM$		Cantidad de vehículos que se encuentran en circulación
Recorridos	R	$R=VRv$		Kilómetros recorridos anualmente del total de vehículos
Vehículos de energías limpias	Vl	1,699	1,820	Cantidad de vehículos de nuevas tecnologías que operan con baja emisión
Factor de uso híbrido	Fh	0	0	Porcentaje de utilización de vehículos híbridos
Vehículos híbridos	Vh	0	0	Cantidad de vehículos de nuevas tecnologías que operan con baja emisión

Fuente: Elaboración propia con base en información de Galindo, et al., (2013)

⁹⁹ La información empleada para la alimentación del modelo (para Baja California y cada una de sus áreas de estudio) es la disponible de fuentes oficiales, así como la obtenida a través de mediciones de campo y cálculos realizados por el Instituto de Ingeniería, Unidad de Investigación en Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma de Baja California.

Cuadro 4.2 Variables del Modelo de emisiones de GEI para el sector transporte
(Continuación)

Vehículos eléctricos	Ve	2	3	Cantidad de vehículos de nuevas tecnologías que operan con baja emisión
Vehículos contaminantes	Vc	$Vc=(V-Vl-Ve-FhVh)/V$		Proporción de vehículos denominados contaminantes
Potencia de vehículos	Pv	3.201	3.185	Promedio de tamaño de motor de los vehículos (desplazamiento) medido en litros
Edad de vehículos	Ed	8.60	8.47	Edad promedio en años que tienen los vehículos
Condiciones mecánicas	Cm	0.855	0.874	Nivel relativo de condiciones mecánicas de los vehículos (el valor de uno corresponde al rendimiento y la cantidad de emisiones promedio en el año base)
Rendimiento	Rn	$Rn=f(PvEdCm)$		Promedio de kilómetros recorridos por litro de combustible consumido por los vehículos
Factor de emisiones	F	$F=f(Ed,Cm)$		Proporción de emisiones en toneladas por litro de combustible consumido
Combustible	C	$C=VcR/Rn$		Volumen de combustible que consumen todos los vehículos
Factor de emisiones eléctricas	Fe	0.811	0.810	Proporción de energía eléctrica que proviene de fuentes no limpias
Emisiones	E	$E=FC+RvFe(Ve+FhVh)$		Peso de las principales emisiones de GEI (N2O, CH4 y CO2 expresadas en CO2 equivalente) que provocan la totalidad de vehículos
Grado de deterioro ambiental	G	$G=f(E)$		Contribución relativa al deterioro ambiental por las emisiones del transporte (el valor de uno corresponde a la contribución provocada en el año base)

Fuente: Elaboración propia con base en información de Galindo, et al., (2013)

4.2.4 Censo General de Población y Vivienda 2000 y Conteo de Población y Vivienda 2005

Los datos sobre la distribución de la población ocupada por ingreso por AGEB urbana del Censo de Población y Vivienda 2000 (el Conteo del año 2005 no cuenta con datos de ingreso) fueron empleados para obtener un ingreso promedio para cada AGEB que después se transformó a escala de zona de transporte para asignar con base en ello un ingreso a cada persona según su localización residencial.

Los datos sobre la distribución de la población que se emplearon para alimentar la variable de población (cantidad de habitantes) del modelo de transporte, se obtuvieron a partir de un promedio entre los datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y los datos del Conteo de Población y Vivienda 2005, debido a que no se cuenta con información sobre la población para el año 2003, por lo que dicho promedio representa la cantidad más aproximada a la que se puede tener acceso. Tanto la información del censo como la del conteo se encuentran agregadas a escala de AGEB urbana, por lo que fue necesario transformar la información a escala de zona de transporte, que es la escala que fue empleada para modelar las emisiones en función de la longitud promedio de viaje.

4.3 Delimitación espacio-temporal del estudio

El período comprendido en esta investigación son los años 2003-2004, delimitado por las principales fuentes de información a utilizar: la Encuesta O-D y los Censos Económicos del año 2003. El Modelo de emisiones es adaptable a cualquier período de tiempo, por lo que los cálculos se realizaron con indicadores correspondientes los años 2003-2004 de igual manera. Los datos sobre la población, como se mencionó anteriormente, se obtuvieron a través de un promedio entre el Censo y el Conteo de Población y Vivienda de los años 2000 y 2005 respectivamente, por no contar con datos específicos para el año 2003.

El área de estudio es definida como el área urbanizada del municipio de Tijuana en el año 2003, la cual se acotó espacialmente con base en el polígono de la zona urbana de Tijuana de los Censos Económicos 2003, el cual se encuentra estructurado por AGEB urbanas. Sin embargo, al superponer a dicho polígono el polígono de la agregación de las zonas de transporte de la Encuesta O-D surgen algunas discrepancias, por lo que en el apartado 4.6.1 se explica la manera en que las mismas se abordaron para trabajar con la información. De igual manera, al superponer el mapa de zonas de transporte al de los polígonos de las AGEB urbanas del censo y del conteo de población y vivienda que se emplearon en este estudio como fuentes de información, surgen discrepancias que se abordaron de acuerdo a la metodología planteada en el apartado 4.6.4.

Los resultados de esta investigación proporcionan, entonces, información de Tijuana en los años 2003-2004. Es importante recalcar que, como se expuso en el apartado 1.3.1 de este trabajo, en la actualidad el área urbanizada de Tijuana se encuentra inscrita en la misma etapa de expansión urbana que en los años 2003-2004, por lo que se presume que los resultados de esta investigación pueden ser aplicados a la Tijuana actual si se utilizan parámetros clave.

4.4 Unidades de análisis

La unidad de análisis empleada en esta investigación para vincular la movilidad urbana con las emisiones de GEI es la “zona de transporte” debido a que dicha escala presenta la ventaja de que las zonas son homogéneas en cuanto a usos del suelo, densidad de población, tipo de vivienda y nivel socioeconómico. El modelo de transporte solo puede trabajarse a escala agregada debido a que en él se considera la cantidad de población, de manera que al estimarse las emisiones generadas por los viajes al trabajo en transporte motorizado, los resultados mostrarán la información agregada a nivel de zona de transporte.

Por otra parte, debido a que la Encuesta O-D presenta información sobre las características de las personas y sobre sus viajes a escala de habitante, la relación entre las variables de la forma urbana y las de la movilidad urbana es analizada a escala de habitante a fin de no perder información. Debido a que la información sobre la distribución del empleo se encuentra agregada a nivel de AGEB urbana, dicha información es la misma para las personas que residen en una misma zona de transporte.

Asimismo, debido a que la Encuesta O-D fue aplicada en Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito, así como en algunos poblados que rodeaban en 2004 la mancha urbana de las tres localidades, de las 197 zonas de transporte consideradas en la encuesta, solamente 185 de ellas contienen datos a nivel de AGEB urbanas de los Censos Económicos 2003, por lo que solamente se consideraron dichas zonas de transporte para el análisis.

4.5 Utilización de las fuentes de información

En esta sección se describe de qué manera se utilizó cada una de las fuentes de información para cumplir con los objetivos específicos propuestos en esta investigación, los cuales se citan a continuación:

1. Determinar la longitud de los viajes al trabajo realizados en transporte motorizado, el grado de accesibilidad al empleo y el nivel de ingresos de la población de Tijuana.
2. Analizar los efectos del grado de accesibilidad desde el hogar al empleo por una parte, y de la localización de la población según su nivel de ingreso por otra, en la longitud de los viajes al trabajo en transporte motorizado.
3. Relacionar la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado desde cada zona Tijuana con un aproximado de la cantidad de emisiones de GEI generada por dicha movilidad.

4.5.1 *Objetivos específicos 1 y 2: Encuesta O-D*

A fin de determinar la longitud de los viajes al trabajo realizados en transporte motorizado, la Encuesta O-D se utilizó para conocer la zona de origen y la zona de destino de los viajes de cada habitante, de manera que, con base en el mapa de polígonos de las zonas de transporte, fue posible atribuir a cada habitante un centroide de origen y un centroide de destino, lo que a su vez permitió calcular la longitud aproximada de su(s) viaje(s). El tiempo de viaje de cada persona pudo conocerse a partir de la hora de salida y de la hora de llegada que se encuentran en la encuesta O-D.

Por su parte, el nivel de ingresos atribuido a cada persona depende de su localización residencial, la cual se conoce de igual manera por la Encuesta O-D. Conocidos los valores de longitud de viaje (y tiempo de viaje), potencial de acceso a empleo y nivel de ingresos para cada persona, se corrieron las regresiones que permiten cumplir el objetivo específico 2.

4.5.2 Objetivos específicos 1 y 2: Censos Económicos 2003

Los datos sobre el empleo en cada AGEB urbana que se obtuvieron de los Censos Económicos 2003, permitieron asignar a cada AGEB un valor para el potencial de acceso a empleo (total y en cada sector de actividad) y, una vez calculados dichos potenciales, fue posible atribuir un potencial a cada zona de transporte de la ciudad. Una vez conocidos los valores de potencial de acceso a empleo para cada persona (así como los de longitud y tiempo de viaje y nivel de ingresos), se corrieron las regresiones que permiten cumplir el objetivo específico 2.

4.5.3 Objetivos específicos 1 y 2: Censo General de Población y Vivienda 2000

Los datos sobre cantidad de población ocupada en cada rango de ingreso por AGEB del Censo General de Población y Vivienda 2000 se emplearon para calcular un salario promedio ponderado para cada AGEB urbana y, una vez estimado dicho promedio, fue posible trasladar el dato a escala de zona de transporte para de ahí atribuir el ingreso a cada persona encuestada en la Encuesta O-D según la zona de transporte en que reside.

4.5.4 Objetivo específico 3: Encuesta O-D

La información sobre la zona de origen y la zona de destino de los viajes de cada habitante permitió calcular la longitud de su(s) viaje(s) y, de tal manera, hizo posible calcular la longitud promedio de los viajes que tenían como origen una misma zona de transporte. Dichas distancias promedio fueron utilizadas para alimentar el modelo de emisiones y así conocer la cantidad de emisiones de GEI generada en cada zona de transporte de la ciudad.

4.5.5 Objetivo específico 3: Censo General de Población y Vivienda 2000 y Conteo de Población y Vivienda 2005

Los datos sobre la cantidad de población en cada AGEB urbana que se obtuvieron del Censo y del Conteo de Población y Vivienda, permitieron atribuir a cada zona de transporte

de la ciudad una cantidad específica de población, la cual se utilizó para alimentar el modelo de emisiones y así conocer la cantidad de emisiones de GEI generada en cada zona de transporte de la ciudad.

4.5.6 Objetivo específico 3: Modelo de emisiones

El modelo de emisiones se aplicó a la ciudad de Tijuana a través de la alimentación del mismo con valores específicos para la ciudad. Los valores de la mayor parte de las variables ya se encuentran contenidos en el modelo, por lo que solamente hizo falta modificar la distancia promedio de viaje y la cantidad de población para cada zona de transporte, y ello permitió estimar la cantidad de emisiones de GEI que se generan en cada zona de la ciudad. Al conocer la cantidad de emisiones generada en cada zona y la población que habita dicha zona, fue posible calcular la cantidad de emisiones per cápita en función de las distancias promedio de los viajes al trabajo. Asimismo, se realizó un cálculo de emisiones totales por zona de transporte, a fin de mostrar en cuáles zonas se produce una mayor cantidad de emisiones, y se relacionaron dichas cantidades totales con las distancias promedio de viaje desde cada zona y con la densidad de población correspondientes.

4.6 Estimación de los indicadores

4.6.1 Potencial de acceso a empleo

Para conocer el potencial de acceso a empleo en cada zona de transporte, se utilizaron los datos a escala de AGEB de los Censos Económicos 2003 a fin de obtener los valores de potencial para cada AGEB, los cuales se transformaron a través del programa ArcMap 10.1 a escala de zona de transporte. Las AGEB urbanas que se encontraban contenidas en una zona de transporte dada, aportaron su valor de potencial de acceso a empleo (en total y para cada sector de actividad) a la zona de transporte que en que se localizaba su centroide geográfico. En el caso de las zonas de transporte que tenían dos o más centroides de las AGEB urbanas dentro de su área, el valor de potencial de acceso a empleo de dicha zona de transporte fue un

promedio de los valores de los potenciales de las AGEB que se encontraban dentro (los cuales deben ser muy parecidos debido a su cercanía).

Una vez conocidos los valores de Pae para cada zona de transporte, fueron atribuidos dichos valores de potencial a las personas residentes de cada zona. Las ecuaciones de cálculo de los potenciales son, como se mencionó en el apartado 4.1.1, las siguientes:

$$Pae_{tj} = (E_{ta} / d_{aj}) + (E_{tb} / d_{bj}) + (E_{tc} / d_{cj}) \dots (E_{tn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$Pae_{xj} = (E_{xa} / d_{aj}) + (E_{xb} / d_{bj}) + (E_{xc} / d_{cj}) \dots (E_{xn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$Pae_{yj} = (E_{ya} / d_{aj}) + (E_{yb} / d_{bj}) + (E_{yc} / d_{cj}) \dots (E_{yn} / d_{nj}) \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Donde:

Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la AGEB j ; E_{tn} es el empleo total en cada una de las AGEB; d_{nj} es la distancia desde cada una de las AGEB hasta la AGEB j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la AGEB j ; E_{xn} es el empleo terciario en cada una de las AGEB; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la AGEB j ; E_{yn} es el empleo industrial en cada una de las AGEB.

Además, se modificaron dichas ecuaciones, en las que la distancia tiene un exponente con valor 1, y se utilizaron también exponentes con valores de 1.5 y 2. Todos los tipos de potencial fueron probados en los modelos de regresión para seleccionar aquel que presentase una mejor $R^{2\ 100}$. También se probaron diferentes valores de salida para cada potencial¹⁰¹, es

¹⁰⁰ Si la R^2 de la regresión es mejor cuando se tiene un exponente de la distancia mayor, significa que en Tijuana el tiempo de viaje se determina con una alta “fricción de la distancia”.

¹⁰¹ El cálculo de los potenciales de acceso a empleo se realizó con los valores reales de empleo y de distancia en kilómetros por AGEB, es decir que el valor de salida fue el “valor directo” (variables: totalVTD10, totalVTD15, totalVTD20, tercVTD10, tercVTD15, tercVTD20, manuVTD10, manuVTD15, manuVTD20). También se calcularon los potenciales con dicho valor directo dividido entre mil (variables: totalVTD10_dividido, totalVTD15_dividido, totalVTD20_dividido, tercVTD10_dividido, tercVTD15_dividido, tercVTD20_dividido, manuVTD10_dividido, manuVTD15_dividido, manuVTD20_dividido). Después se utilizó para el cálculo de los potenciales el valor relativo al mayor (variables: totalVTR10, totalVTR15, totalVTR20, tercVTR10, tercVTR15, tercVTR20, manuVTR10, manuVTR15, manuVTR20). Además se calcularon los potenciales con

decir, se utilizaron en las regresiones el valor directo, el valor directo dividido entre mil, el relativo al mayor, el porcentaje de la suma y la proporción de la suma, y se seleccionó aquel que fue más sencillo y que presentó valores (de los coeficientes) más adecuados en los resultados de la regresión.

4.6.2 Nivel de ingreso

La atribución de un nivel de ingreso a las personas encuestadas en la Encuesta O-D fue un proceso complicado debido a la falta de información directa sobre dicha variable en la encuesta utilizada, la cual no contaba con el dato sobre nivel de ingreso. Para conseguir atribuir un nivel de ingreso a cada caso de la Encuesta O-D, se realizaron diversas pruebas. A manera de síntesis se mencionarán dichos ensayos, los cuales se encuentran descritos de manera más detallada en la sección de anexos de este trabajo.

La primera propuesta para la construcción del indicador de ingreso fue emplear una regresión en la que el nivel de ingreso fuera la variable dependiente, y las variables independientes la edad, el sexo (género), y la escolaridad de las personas, así como el material de la vivienda que habitan y si contaban o no con un vehículo en el hogar. Las variables independientes propuestas se encuentran disponibles por habitante en la Encuesta O-D, sin embargo no fue posible atribuir un ingreso con base en las variables propuestas debido a que la R^2 explicada por el modelo era muy baja. La segunda propuesta para la construcción del indicador fue seleccionar aquellas variables que fueran buenas explicadoras de la variable salario en la regresión para ser incluidas en una prueba de análisis factorial (con datos de la Encuesta O-D) que clasificara a las personas de la Encuesta O-D de acuerdo a su nivel socioeconómico. Además, en el análisis factorial se incluyeron las variables de

base en un porcentaje de la suma (variables: totalVTO10, totalVTO15, totalVTO20, tercVTO10, tercVTO15, tercVTO20, manuVTO10, manuVTO15, manuVTO20). Finalmente, se obtuvieron los potenciales según una proporción de la suma (variables: totalVTP10, totalVTP15, totalVTP20, tercVTP10, tercVTP15, tercVTP20, manuVTP10, manuVTP15, manuVTP20). Los números 10, 15 y 20 en cada una de las variables hacen referencia a los valores del exponente de la distancia en la ecuación de cálculo del potencial.

También se probaron diferentes valores de salida para cada potencial, es decir, se utilizaron en las regresiones el valor directo (variables: totalVTD10, totalVTD15, totalVTD20, tercVTD10, tercVTD15, tercVTD20, manuVTD10, manuVTD15, manuVTD20, el valor directo dividido entre mil, el relativo al mayor, el porcentaje de la suma y la proporción de la suma, y se seleccionó aquel que presentó una mejor R^2

“calidad de vivienda” (Encuesta O-D) y de “precio del suelo” (según un estudio encargado por el Ayuntamiento de Tijuana para el año 2000). El segundo indicador tampoco representó una buena opción para atribuir un nivel socioeconómico a los casos de la Encuesta O-D, por lo que, finalmente, se realizó un tercer procedimiento para calcular el ingreso.

La tercera propuesta para la construcción del indicador de ingreso, que fue la seleccionada para la atribución del ingreso a los casos de la Encuesta O-D, se basó en el cálculo de un salario mínimo mensual promedio por AGEB con base en el Censo de Población y Vivienda del año 2000 del INEGI, el cual se transformó a escala de zona de transporte y de ahí fue atribuido a las personas según su localización residencial. Cabe aclarar que este indicador no constituye el camino óptimo para obtener el nivel de ingreso, pues lo más apropiado hubiese sido que la misma Encuesta O-D aportara dicha información.

4.6.3 Variables dependientes: longitud de viaje y tiempo de viaje

Para conocer la longitud promedio de viaje desde cada zona de transporte, se construyó una matriz de distancias entre zonas de transporte, de centroide geográfico a centroide geográfico, mediante el programa ArcMap 10.1. Una vez conocidas dichas distancias, se utilizaron los datos proporcionados por la Encuesta O-D para conocer las zonas de origen y destino de cada habitante, (para ello solo se consideraron los viajes realizados en transporte motorizado y con motivos de empleo), lo que permitió conocer su distancia de viaje al vincular dichos datos a la matriz.

Para conocer el tiempo de viaje de cada persona, se consideró la información de la Encuesta O-D sobre hora de salida y hora de llegada y, al igual que en el caso de las distancias de viajes, no se consideraron los viajes que no se realizaron por motivos de empleo ni los que no fueron realizados a través de transporte motorizado. Una vez conocidos los valores tanto de distancia como de tiempo de viaje para cada persona, se separaron los que correspondían a viajes realizados en transporte público de los que fueron realizados en transporte privado, y se procedió a correr las regresiones.

4.6.4 Emisiones de GEI

De los viajes con origen una misma zona de transporte, se obtuvo el promedio de distancia de viaje al trabajo, lo que permitió conocer la distancia promedio de viaje desde cada zona de transporte. Una vez conocida la distancia promedio de viaje desde cada zona de transporte, se utilizó el Modelo de emisiones descrito en el apartado 4.2.3 para realizar un cálculo de las emisiones generadas por los viajes urbanos en Tijuana en cada zona de transporte. Como se detalló antes, el modelo contiene variables dependientes e independientes. Las siguientes variables independientes se alimentaron con datos adecuados para Tijuana en los años 2003-2004¹⁰²: ocupación, demanda, índice de motorización, vehículos de energías limpias, factor de uso híbrido, vehículos híbridos, vehículos eléctricos, potencia de vehículos, edad de vehículos, condiciones mecánicas y factor de emisiones eléctricas.

La ecuación de cálculo de las emisiones en la que se basa el modelo de transporte fue la siguiente:

$$E = F * C + Rv * Fe (Ve + Fh * Vh) \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Donde:

E es la cantidad de emisiones de GEI; F es el factor de emisiones; C es el volumen de combustible consumido por los vehículos; Rv es la distancia promedio recorrida por cada vehículo; Fe es el factor de emisiones eléctricas; Ve es la cantidad de vehículos eléctricos; Fh es el factor de uso híbrido; Vh es la cantidad de vehículos híbridos.

La variable longitud de viajes fue modificada para cada zona de transporte de la ciudad con la información de la distancia promedio de viaje desde cada zona. La variable cantidad de habitantes se obtuvo para cada zona de transporte con información del Censo y del Censo de Población y Vivienda 2000 y 2005 respectivamente. Como se explicó

¹⁰² Los cuales ya se encuentran contenidos en el modelo.

anteriormente, dicha información se encuentra agregada a escala de AGEB urbana y, a través del programa ArcMap 10.1 se transformó a escala de zona de transporte. Para ello, el primer paso fue sobreponer las capas de AGEB urbanas de 2000 y 2005, y obtener una tercera capa que asignase un valor promedio (valor aproximado para el año 2003) de población a cada AGEB. Para las AGEB que no contaban con valores para el año 2000¹⁰³ se consideró el valor del año 2005 como valor para el año 2003. Una vez conocido el valor de población para el año 2003 de cada AGEB, las AGEB urbanas que se encontraban contenidas en una zona de transporte dada, aportaron sus valores de población a la zona de transporte en que se localizaban los centroides geográficos (de dichas AGEB), los cuales se sumaron. Al modificar las variables de longitud de viajes y de cantidad de habitantes para adecuarlas a cada zona de transporte, fue posible conocer un aproximado de la cantidad de emisiones de GEI que se generan en cada zona de transporte como consecuencia de la movilidad al trabajo, en medios motorizados. Al conocer la población de cada zona, fue posible entonces calcular las emisiones anuales per cápita en función de la distancia de viaje.

4.7 Interpretación de los modelos de regresión propuestos

Si la hipótesis 1 es verdadera: el coeficiente del potencial de acceso a empleo (Pae_{tj} , Pae_{xj} , Pae_{yj}) debe tener valores negativos cuando la longitud (LV_j) y el tiempo (TV_j) de los viajes de las personas aumenten. Esto significa que las concentraciones más altas de empleo son menos accesibles para las personas que residen en zonas más distantes, o que concentraciones más bajas de empleo son más accesibles para las personas que residen en esas zonas más distantes.

Si la hipótesis 2 es verdadera, la variable de nivel de ingreso debe tener valores negativos cuando la longitud y el tiempo promedio de los viajes aumenten. Ello significa que entre menor sea el nivel de ingresos de las personas, los viajes en transporte motorizado de dichas personas serán más largos.

¹⁰³ Considerando que del año 2000 al año 2005 el área urbana creció, en 2005 debe haber nuevas AGEB que no existían en 2000.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan, por una parte, los resultados de los modelos utilizados para analizar la relación entre la forma urbana (distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso) y la movilidad urbana (en específico, la longitud y el tiempo promedio de los viajes de las personas al trabajo en transporte motorizado). Este análisis se llevó a cabo de manera separada para transporte público y para transporte privado. Por otra parte, se presentan los resultados del modelo empleado para relacionar la movilidad en transporte motorizado al trabajo (específicamente, la longitud promedio de los viajes) con las emisiones de GEI producidas por dicha movilidad. Los modelos planteados pretenden probar las siguientes hipótesis:

1. La accesibilidad desde los lugares de residencia hasta las zonas en que se localiza el empleo determina la longitud de los viajes al trabajo a través de transporte motorizado y, por lo tanto, influye en la cantidad de emisiones de GEI generadas por el transporte en Tijuana.

2. El potencial de demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso (indicado con su distribución) determina la longitud de los viajes al trabajo a través de transporte motorizado y, por lo tanto, influye en la cantidad de emisiones de GEI generadas por el transporte en Tijuana.

Para ello, como se especificó en la estrategia metodológica y en el modelo analítico, las variables de la forma urbana, de la movilidad urbana y de las emisiones de GEI, se tradujeron en indicadores (ver cuadro 4.1), y las ecuaciones generales a probar son las siguientes:

$$LV_j = f (Pae_j, I_{xj})$$

Ecuación 4.1

Donde:

LV_j es la longitud de viaje al trabajo de cada persona j ; Pae_j es el potencial de acceso a empleo para la persona j ; I_{xj} es el nivel de ingresos 'x' de la persona j .

$$GEI_n = f (LV_n) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde:

GEI_n es la cantidad de emisiones de GEI producida por los viajes desde la zona de transporte n ; LV_n es la longitud promedio de los viajes al trabajo desde la zona de transporte n .

$$TV_j = f (Pae_j , I_{xj}) \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje al trabajo de cada persona j ; Pae_j es el potencial de acceso a empleo para la persona j ; I_{xj} es el nivel de ingresos 'x' de la persona j .

5.1 Relación entre forma urbana y movilidad urbana

Al trabajar con las bases de datos, el procedimiento que se siguió fue el siguiente¹⁰⁴:

1. A fin de considerar en el análisis solamente los casos adecuados para los fines de esta investigación, se eliminaron de la base de datos aquellos casos en los que los viajes fueron realizados con motivos distintos a acceder al empleo y en transporte no motorizado¹⁰⁵. También se eliminaron los casos en los que las personas residían o trabajaban en una ciudad

¹⁰⁴ En la sección de anexos se especifican la cantidad de casos eliminados y la justificación detallada de dicha eliminación. Además se incluye en esta sección un análisis descriptivo de las variables empleadas en los modelos de regresión y las pruebas de heterocedasticidad de los modelos.

¹⁰⁵ Asimismo, aunque los viajes en "transporte escolar" fueron realizados en transporte motorizado, dichos casos fueron eliminados de la base de datos debido a que solo fueron considerados aquellos casos que presentaban como motivo de viaje el acceder al empleo.

distinta a Tijuana, así como aquellos casos en los que los viajes no tuvieron como origen la residencia de las personas.

2. Se atribuyeron los valores de las variables correspondientes a los potenciales de acceso a empleo total, en el sector terciario y en el sector secundario a cada caso de la base de datos según la localización residencial de la persona encuestada.

3. Debido a que en la base de datos se encontraban casos con un tiempo de viaje que rebasaba de manera considerable el tiempo de viaje máximo estimado para la ciudad de Tijuana, que es de 1 hora¹⁰⁶ y, a fin de no excluir del análisis alguno de los casos con un tiempo de viaje real, en la base de datos se filtraron aquellos casos en los que la variable de tiempo de viaje era igual o menor a 2.5 horas, tiempo en el que se considera quedan cubiertos todos los casos correspondientes. De tal manera, los casos con un tiempo de viaje mayor a 150 minutos fueron descartados del análisis y se eliminaron de la base de datos.

4. Una vez filtrados los casos adecuados para el análisis, se procedió a atribuir a cada persona encuestada un nivel de ingresos en función de sus características socioeconómicas.

5. Se separaron los casos de los viajes realizados en transporte público y de los viajes realizados en transporte privado, es decir, se formaron dos bases de datos distintas.

6. Finalmente se llevaron a cabo los análisis de regresión (por una parte para transporte público y por otra parte para transporte privado) con las variables de distancia de viaje y de tiempo de viaje como variables dependientes y con los indicadores de las variables de accesibilidad al empleo y de demanda de viajes de la población de bajos ingresos como variables independientes.

¹⁰⁶ Según el Implan (2010) se estima que el tiempo de recorrido en transporte público es hasta de una hora, aunque en la mayoría de los casos dicho tiempo incrementa con respecto a lo estimado debido a factores como el congestionamiento vial vehicular, la calidad del servicio, las condiciones de las unidades, la falta de carriles exclusivos y la falta de infraestructura de apoyo. Al realizar un recorrido empírico de la distancia máxima aproximada de un extremo a otro de la ciudad (la distancia máxima entre centroides geográficos de las zonas de transporte de Tijuana es de casi 37 kilómetros) el tiempo de viaje fue de 1.5 horas. Con base en dicha aproximación, se consideró para fines de este análisis un tiempo máximo de viaje de 2.5 horas a fin de no excluir del análisis ninguno de los casos con un tiempo de viaje real.

5.1.1 Potencial de acceso a la totalidad del empleo (Pae_t)

Para el cálculo del Pae_t de cada AGEB urbana, se utilizó la variable de empleo total por AGEB de los Censos Económicos 2003, la cual fue llamada para fines de esta investigación como “empleo_total” y, empleando esta variable como variable de entrada, se calcularon las siguientes variables de resultado para el Pae_t :

Cuadro 5.1 Variables para potencial de acceso a la totalidad del empleo

Variable de resultado	Descripción		
	α (Inverso de la distancia)	Unidades del cálculo	Resultado del cálculo
totalVDT10	1	KMS	Directo
totalVDT10_dividido			Directo dividido entre 1000
totalVTR10			Relativo al mayor
totalVTO10			Porcentaje de la suma
totalVTP10			Proporción de la suma
totalVTD15	1.5	KMS	Directo
totalVTD15_dividido			Directo dividido entre 1000
totalVTR15			Relativo al mayor
totalVTO15			Porcentaje de la suma
totalVTP15			Proporción de la suma
totalVTD20	2	KMS	Directo
totalVTD20_dividido			Directo dividido entre 1000
totalVTR20			Relativo al mayor
totalVTO20			Porcentaje de la suma
totalVTP20			Proporción de la suma

Fuente: elaboración propia¹⁰⁷

Una vez conocidos los valores de las variables de Pae_t en cada AGEB urbana, se trasladaron dichos valores a escala de zona de transporte, y después se asignó a cada persona encuestada (en la Encuesta O-D) un Pae_t para completar la base de datos de la Encuesta O-D. Finalmente, se corrieron las correlaciones entre las variables de distancia de viaje (distancia_viaje_KM), tiempo de viaje (Tiempo_de_viaje_MIN) y todas las variables de resultado del Pae_t , por separado para transporte público y para transporte privado (ver cuadros 5.2 y 5.3).

¹⁰⁷ Los valores del inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) son los exponentes utilizados para la variable distancia en la ecuación de cálculo del potencial de acceso a empleo total. Si la R^2 de la regresión es mejor al emplear como variable independiente el potencial con exponente mayor, significa que el tiempo-distancia de viaje en Tijuana se determina con una alta “fricción de la distancia”.

Cuadro 5.2 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo total

Variables	distan cia_vi ajeK M	Tiem po_de _viaje _MIN	total VTD 10	total VTD 10_ dividi do	total VTR 10	total VTO 10	total VTP 10	total VTD 15_ dividi do	total VTR 15	total VTO 15	total VTP 15	total VTD 20	total VTD 20_ dividi do	total VTR 20	total VTO 20	total VTP 20
distancia_vi ajeKM	1	.567	- .372	- .372	- .372	- .372	- .372	- .359	- .359	- .359	- .359	- .331	- .331	- .331	- .331	- .331
Tiempo_de _viaje_MI N	.567	1	- .340	- .340	- .340	- .340	- .340	- .338	- .338	- .338	- .338	- .319	- .319	- .319	- .319	- .319
totalVTD10	-.372	-.340	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.926	.926	.926	.926
totalVTD10 _dividido	-.372	-.340	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.926	.926	.926	.926
totalVTR10	-.372	-.340	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.926	.926	.926	.926
totalVTO10	-.372	-.340	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.926	.926	.926	.926
totalVTP10	-.372	-.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.982	.982	.982	.982	.982	.926	.926	.926	.926
totalVTD15	-.359	-.338	.982	.982	.982	.982	.982	1	1.00	1.00	1.00	.980	.980	.980	.980	.980
totalVTD15 _dividido	-.359	-.338	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1	1.00	1.00	.980	.980	.980	.980	.980
totalVTR15	-.359	-.338	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1	1.00	.980	.980	.980	.980	.980
totalVTO15	-.359	-.338	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1.00	1	.980	.980	.980	.980	.980
totalVTP15	-.359	-.338	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1.00	1.00	.980	.980	.980	.980	.980
totalVTD20	-.331	-.319	.926	.926	.926	.926	.926	.980	.980	.980	.980	.980	1	1.00	1.00	1.00
totalVTD20 _dividido	-.331	-.319	.926	.926	.926	.926	.926	.980	.980	.980	.980	.980	1.00	1	1.00	1.00
totalVTR20	-.331	-.319	.926	.926	.926	.926	.926	.980	.980	.980	.980	.980	1.00	1.00	1	1.00
totalVTO20	-.331	-.319	.926	.926	.926	.926	.926	.980	.980	.980	.980	.980	1.00	1.00	1.00	1
totalVTP20	-.331	-.319	.926	.926	.926	.926	.926	.980	.980	.980	.980	.980	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.3 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo total

Variables	distancia_viajeKM	Tiempo_de_viaje_MIN	totalVTD10	totalVTD10_dividido	totalVTR10	totalVTO10	totalVTP10	totalVTD15	totalVTD15_dividido	totalVTR15	totalVTO15	totalVTP15	totalVTD20	totalVTD20_dividido	totalVTR20	totalVTO20	totalVTP20
distancia_viajeKM	1	.595	-.268	-.268	-.268	-.268	-.268	-.248	-.248	-.248	-.248	-.248	-.214	-.214	-.214	-.214	-.214
Tiempo_de_viaje_MIN	.595	1	-.254	-.254	-.254	-.254	-.254	-.249	-.249	-.249	-.249	-.249	-.23	-.23	-.23	-.23	-.23
totalVTD10	-.268	-.254	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.918	.918	.918	.918	.918
totalVTD10_dividido	-.268	-.254	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.918	.918	.918	.918	.918
totalVTR10	-.268	-.254	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.918	.918	.918	.918	.918
totalVTO10	-.268	-.254	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.918	.918	.918	.918	.918
totalVTP10	-.268	-.254	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.979	.979	.979	.979	.979	.918	.918	.918	.918	.918
totalVTD15	-.248	-.249	.979	.979	.979	.979	.979	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.978	.978	.978	.978	.978
totalVTD15_dividido	-.248	-.249	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.978	.978	.978	.978	.978
totalVTR15	-.248	-.249	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.978	.978	.978	.978	.978
totalVTO15	-.248	-.249	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.978	.978	.978	.978	.978
totalVTP15	-.248	-.249	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.978	.978	.978	.978	.978
totalVTD20	-.214	-.23	.918	.918	.918	.918	.918	.978	.978	.978	.978	.978	1	1.00	1.00	1.00	1.00
totalVTD20_dividido	-.214	-.23	.918	.918	.918	.918	.918	.978	.978	.978	.978	.978	1.00	1	1.00	1.00	1.00
totalVTR20	-.214	-.23	.918	.918	.918	.918	.918	.978	.978	.978	.978	.978	1.00	1.00	1	1.00	1.00
totalVTO20	-.214	-.23	.918	.918	.918	.918	.918	.978	.978	.978	.978	.978	1.00	1.00	1.00	1	1.00
totalVTP20	-.214	-.23	.918	.918	.918	.918	.918	.978	.978	.978	.978	.978	1.00	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Como puede apreciarse en los cuadros 5.2 y 5.3, los Pae_t calculados con un mismo inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) no presentan diferencias en sus correlaciones con la distancia y con el tiempo de viaje. Sin embargo, debido a que las variables de resultado directo (totalVTD10, totalVTD15 y totalVTD20) presentan valores de muchas cifras, se seleccionaron las variables de “resultado directo dividido entre mil” (totalVTD10_dividido, totalVTD15_dividido y totalVTD20_dividido) para ser probadas en el modelo de regresión.

Para seleccionar las variables de Pae_t que serán incluidas en los modelos de regresión que relacionarán la forma urbana con la distancia promedio de viaje y con el tiempo promedio de viaje, se realizaron pruebas de regresión (por separado para transporte público y para transporte privado) a fin de identificar con cuál de las variables se obtenía una mejor R^2 en cada caso. Para cada una de las variables de Pae_t seleccionadas (totalVTD10_dividido, totalVTD15_dividido y totalVTD20_dividido), se realizaron 4 pruebas, dos de ellas para transporte público y dos para transporte privado, es decir, en total se llevaron a cabo 12 pruebas (ver cuadro 5.4). En el cuadro 5.4 además puede observarse que el modelo de regresión se corrió por una parte con la variable de longitud de viaje como variable dependiente y, por otra parte, con la variable de tiempo de viaje como variable dependiente para cada una de las variables independientes de potencial de acceso a empleo total.

Cuadro 5.4 Variables en cada prueba de regresión para Pae_t

Transporte	Variable dependiente	Variable independiente	Prueba
público	distancia	totalVTD10_dividido	1
		totalVTD15_dividido	2
		totalVTD20_dividido	3
	tiempo	totalVTD10_dividido	4
		totalVTD15_dividido	5
		totalVTD20_dividido	6
privado	distancia	totalVTD10_dividido	7
		totalVTD15_dividido	8
		totalVTD20_dividido	9
	tiempo	totalVTD10_dividido	10
		totalVTD15_dividido	11
		totalVTD20_dividido	12

Fuente: elaboración propia

- Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte público considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_t . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_t (ver la sección de anexos) muestran que la variable “totalVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “totalVTD10_dividido” en lugar de la variable Pae_t , como sigue:

$$1) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD10}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; totalVTD10_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte público considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_t . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_t (ver la sección de anexos) muestran que la variable “totalVTD20_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1 y de 1.5. La variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “totalVTD20_dividido” en lugar de la variable Pae_t , como sigue:

$$4) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD20}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; totalVTD20_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación polinomial ($y = ax^2 + bx + c$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte privado considerará la variable directa de Pae_t y el cuadrado de la misma en el lugar de la variable de Pae_t . Los resultados de las pruebas de regresión (ver la sección de anexos) muestran que la variable “totalVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión considerará la variable de “totalVTD10_dividido” y su cuadrado en lugar de la variable Pae_t , como sigue:

$$7) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 (totalVTD10_j) + \beta_2 (totalVTD10_j)^2 + \beta_3 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; $totalVTD10_j$ es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte privado considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_t . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_t (ver la sección de anexos) muestran que la variable “totalVTD15_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1 y de 2. La variable de Pae_t que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable de “totalVTD15_dividido” en lugar de la variable Pae_t , como sigue:

$$10) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{tj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD15}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.4}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{tj} es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; totalVTD15_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

5.1.2 Potencial de acceso a empleo en el sector terciario (Pae_x)

Para el cálculo del Pae_x de cada AGEB urbana, se utilizó la variable de empleo terciario por AGEB de los Censos Económicos 2003, la cual fue llamada para fines de esta investigación como “empleo_terciario” y, empleando esta variable como variable de entrada, se calcularon las siguientes variables de resultado para el Pae_x :

Cuadro 5.5 Variables para potencial de acceso a empleo en el sector terciario

Variable de resultado	Descripción		
	α (Inverso de la distancia)	Unidades del cálculo	Resultado del cálculo
tercVTD10	1	KMS	Directo
tercVDT10_dividido			Directo dividido entre 1000
tercVTR10			Relativo al mayor
tercVTO10			Porcentaje de la suma
tercVTP10			Proporción de la suma
tercVTD15	1.5	KMS	Directo
tercVTD15_dividido			Directo dividido entre 1000
tercVTR15			Relativo al mayor
tercVTO15			Porcentaje de la suma
tercVTP15			Proporción de la suma
tercVTD20	2	KMS	Directo
tercVTD20_dividido			Directo dividido entre 1000
tercVTR20			Relativo al mayor
tercVTO20			Porcentaje de la suma
tercVTP20			Proporción de la suma

Fuente: elaboración propia¹⁰⁸

Una vez conocidos los valores de las variables de Pae_x en cada AGEB urbana, se trasladaron dichos valores a escala de zona de transporte, y después se asignó a cada persona encuestada (en la Encuesta O-D) un Pae_x para completar la base de datos de la Encuesta O-D. Finalmente, se corrieron las correlaciones entre las variables de distancia de viaje (distancia_viaje_KM), tiempo de viaje (Tiempo_de_viaje_MIN) y todas las variables de resultado del Pae_x , por separado para transporte público y para transporte privado (ver cuadros 5.6 y 5.7).

¹⁰⁸ Los valores del inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) son los exponentes utilizados para la variable distancia en la ecuación de cálculo del potencial de acceso a empleo en el sector terciario. Si la R^2 de la regresión es mejor al emplear como variable independiente el potencial con exponente mayor, significa que el tiempo-distancia de viaje en Tijuana se determina con una alta “fricción de la distancia”.

Cuadro 5.6 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo terciario

Variables	distancia_viajeKM	Tiempo_de_viaje_MIN	tercVTD10	tercVTD10_dividido	tercVTR10	tercVTO10	tercVTP10	tercVTD15	tercVTD15_dividido	tercVTR15	tercVTO15	tercVTP15	tercVTD20	tercVTD20_dividido	tercVTR20	tercVTO20	tercVTP20
distancia_viajeKM	1	.567	-.296	-.296	-.296	-.296	-.296	-.257	-.257	-.257	-.257	-.257	-.220	-.220	-.220	-.220	-.220
Tiempo_de_viaje_MIN	.567	1	-.304	-.304	-.304	-.304	-.304	-.280	-.280	-.280	-.280	-.280	-.256	-.256	-.256	-.256	-.256
tercVTD10	-.296	-.304	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.937	.937	.937	.937	.937
tercVTD10_dividido	-.296	-.304	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.937	.937	.937	.937	.937
tercVTR10	-.296	-.304	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.937	.937	.937	.937	.937
tercVTO10	-.296	-.304	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.982	.982	.982	.982	.982	.937	.937	.937	.937	.937
tercVTP10	-.296	-.304	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.982	.982	.982	.982	.982	.937	.937	.937	.937	.937
tercVTD15	-.257	-.280	.982	.982	.982	.982	.982	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTD15_dividido	-.257	-.280	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTR15	-.257	-.280	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTO15	-.257	-.280	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTP15	-.257	-.280	.982	.982	.982	.982	.982	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTD20	-.220	-.256	.937	.937	.937	.937	.937	.986	.986	.986	.986	.986	1	1.00	1.00	1.00	1.00
tercVTD20_dividido	-.220	-.256	.937	.937	.937	.937	.937	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1	1.00	1.00	1.00
tercVTR20	-.220	-.256	.937	.937	.937	.937	.937	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1	1.00	1.00
tercVTO20	-.220	-.256	.937	.937	.937	.937	.937	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1.00	1	1.00
tercVTP20	-.220	-.256	.937	.937	.937	.937	.937	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.7 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo terciario

Variables	distancia_viajeKM	Tiempo_de_viaje_MIN	tercVTD10	tercVTD10_dividido	tercVTR10	tercVTO10	tercVTP10	tercVTD15	tercVTD15_dividido	tercVTR15	tercVTO15	tercVTP15	tercVTD20	tercVTD20_dividido	tercVTR20	tercVTO20	tercVTP20
distancia_viajeKM	1	0.595	-.260	-.260	-.260	-.260	-.260	-.228	-.228	-.228	-.228	-.228	-.194	-.194	-.194	-.194	-.194
Tiempo_de_viaje_MIN	.595	1	-.273	-.273	-.273	-.273	-.273	-.251	-.251	-.251	-.251	-.251	-.227	-.227	-.227	-.227	-.227
tercVTD10	-.260	-.273	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.935	.935	.935	.935	.935
tercVTD10_dividido	-.260	-.273	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.935	.935	.935	.935	.935
tercVTR10	-.260	-.273	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.935	.935	.935	.935	.935
tercVTO10	-.260	-.273	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.935	.935	.935	.935	.935
tercVTP10	-.260	-.273	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.981	.981	.981	.981	.981	.935	.935	.935	.935	.935
tercVTD15	-.228	-.251	.981	.981	.981	.981	.981	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTD15_dividido	-.228	-.251	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTR15	-.228	-.251	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTO15	-.228	-.251	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTP15	-.228	-.251	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.986	.986	.986	.986	.986
tercVTD20	-.194	-.227	.935	.935	.935	.935	.935	.986	.986	.986	.986	.986	1	1.00	1.00	1.00	1.00
tercVTD20_dividido	-.194	-.227	.935	.935	.935	.935	.935	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1	1.00	1.00	1.00
tercVTR20	-.194	-.227	.935	.935	.935	.935	.935	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1	1.00	1.00
tercVTO20	-.194	-.227	.935	.935	.935	.935	.935	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1.00	1	1.00
tercVTP20	-.194	-.227	.935	.935	.935	.935	.935	.986	.986	.986	.986	.986	1.00	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Como puede apreciarse en los cuadros 5.6 y 5.7, los Pae_x calculados con un mismo inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) no presentan diferencias en sus correlaciones con la distancia y con el tiempo de viaje. Sin embargo, debido a que las variables de resultado directo (tercVTD10, tercVTD15 y tercVTD20) presentan valores de muchas cifras, se seleccionaron las variables de “resultado directo dividido entre mil” (tercVTD10_dividido, tercVTD15_dividido y tercVTD20_dividido) para ser probadas en el modelo de regresión.

Para seleccionar las variables de Pae_x que serán incluidas en los modelos de regresión que relacionarán la forma urbana con la distancia promedio de viaje y con el tiempo promedio de viaje, se realizaron pruebas de regresión (por separado para transporte público y para transporte privado) a fin de identificar con cuál de las variables se obtenía una mejor R^2 en cada caso. Para cada una de las variables de Pae_x seleccionadas (tercVTD10_dividido, tercVTD15_dividido y tercVTD20_dividido), se realizaron 4 pruebas, dos de ellas para transporte público y dos para transporte privado, es decir, en total se llevaron a cabo 12 pruebas (ver cuadro 5.8). En el cuadro 5.8 además puede observarse que el modelo de regresión se corrió por una parte con la variable de longitud de viaje como variable dependiente y, por otra parte, con la variable de tiempo de viaje como variable dependiente para cada una de las variables independientes de potencial de acceso a empleo en el sector terciario.

Cuadro 5.8 Variables en cada prueba de regresión para Pae_x

Transporte	Variable dependiente	Variable independiente	Prueba
público	distancia	tercVTD10_dividido	1
		tercVTD15_dividido	2
		tercVTD20_dividido	3
	tiempo	tercVTD10_dividido	4
		tercVTD15_dividido	5
		tercVTD20_dividido	6
privado	distancia	tercVTD10_dividido	7
		tercVTD15_dividido	8
		tercVTD20_dividido	9
	Tiempo	tercVTD10_dividido	10
		tercVTD15_dividido	11
		tercVTD20_dividido	12

Fuente: elaboración propia

- Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación polinomial ($y = ax^2 + bx + c$) como la más adecuada por lo que la variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte público considerará la variable directa de Pae_x y el cuadrado de la misma en el lugar de la variable de Pae_x . Los resultados de las pruebas de regresión (ver la sección de anexos) muestran que la variable “tercVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión considerará la variable de “tercVTD10_dividido” y su cuadrado en lugar de la variable Pae_x , como sigue:

$$2) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 (tercVTD10_j) + \beta_2 (tercVTD10_j)^2 + \beta_3 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.5}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; $tercVTD10_j$ es el potencial de acceso empleo en el sector terciario para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación polinomial ($y = ax^2 + bx + c$) como la más adecuada por lo que la variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte público considerará la variable directa de Pae_x y el cuadrado de la misma en el lugar de la variable de Pae_x . Los resultados de las pruebas de regresión (ver la sección de anexos) muestran que la variable “tercVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión considerará la variable de “tercVTD10_dividido” y su cuadrado en lugar de la variable Pae_x , como sigue:

$$5) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 (tercVTD10_j) + \beta_2 (tercVTD10_j)^2 + \beta_3 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.6}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; $tercVTD10_j$ es el potencial de acceso empleo en el sector terciario para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte privado considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_x . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_x (ver la sección de anexos) muestran que la variable “tercVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable de “tercVTD10_dividido” en lugar de la variable Pae_x , como sigue:

$$8) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{xj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.7}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{xj} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso empleo en el sector terciario para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte privado considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_x . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_x (ver la sección de anexos) muestran que la variable “tercVTD10_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2. La variable de Pae_x que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable de “tercVTD10_dividido” en lugar de la variable Pae_x , como sigue:

$$11) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{x_j}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{x_j} es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso empleo en el sector terciario para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

5.1.3 Potencial de acceso a empleo en el sector industrial (Pae_y)

Para el cálculo del Pae_y de cada AGEB urbana, se utilizó la variable de empleo industrial por AGEB de los Censos Económicos 2003, la cual fue llamada para fines de esta investigación como “empleo_industrial” y, empleando esta variable como variable de entrada, se calcularon las siguientes variables de resultado para el Pae_y :

Cuadro 5.9 Variables para potencial de acceso a empleo en el sector industrial

Variable de resultado	Descripción		
	α (Inverso de la distancia)	Unidades del cálculo	Resultado del cálculo
manuVTD10	1	KMS	Directo
manuVDT10_dividido			Directo dividido entre 1000
manuVTR10			Relativo al mayor
manuVTO10			Porcentaje de la suma
manuVTP10			Proporción de la suma
manuVTD15	1.5	KMS	Directo
manuVTD15_dividido			Directo dividido entre 1000
manuVTR15			Relativo al mayor
manuVTO15			Porcentaje de la suma
manuVTP15			Proporción de la suma
manuVTD20	2	KMS	Directo
manuVTD20_dividido			Directo dividido entre 1000
manuVTD20_dividido_2			Directo dividido entre 100
manuVTR20			Relativo al mayor
manuVTO20			Porcentaje de la suma
manuVTP20	Proporción de la suma		

Fuente: elaboración propia¹⁰⁹

Una vez conocidos los valores de las variables de Pae_y en cada AGEB urbana, se trasladaron dichos valores a escala de zona de transporte, y después se asignó a cada persona encuestada (en la Encuesta O-D) un Pae_y para completar la base de datos de la Encuesta O-D. Finalmente, se corrieron las correlaciones entre las variables de distancia de viaje (distancia_viaje_KM), tiempo de viaje (Tiempo_de_viaje_MIN) y todas las variables de resultado del Pae_y , por separado para transporte público y para transporte privado (ver cuadros 5.10 y 5.11).

¹⁰⁹ Los valores del inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) son los exponentes utilizados para la variable distancia en la ecuación de cálculo del potencial de acceso a empleo en el sector industrial. Si la R^2 de la regresión es mejor al emplear como variable independiente el potencial con exponente mayor, significa que el tiempo-distancia de viaje en Tijuana se determina con una alta “fricción de la distancia”.

Cuadro 5.10 Transporte público: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo industrial

Variables	distancia_viaje_KM	Tiempo_de_viaje_MIN	manuVT_D10	manuVT_D10_dividido	manuVT_R10	manuVT_O10	manuVT_P10	manuVT_D15	manuVT_D15_dividido	manuVT_R15	manuVT_O15	manuVT_P15	manuVT_D20	manuVT_D20_dividido	manuVT_D20_dividido_2	manuVT_R20	manuVT_O20	manuVT_P20
distancia_viaje_KM	1	.567	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.263	-	-	-
Tiempo_de_viaje_MIN	.567	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.210	-	-	-
manuVT_D10	-.277	-.221	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.983	.983	.983	.983	.983	.927	.927	.927	.927	.927	.927
manuVT_D10_dividido	-.277	-.221	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.983	.983	.983	.983	.983	.927	.927	.927	.927	.927	.927
manuVTR10	-.277	-.221	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.983	.983	.983	.983	.983	.927	.927	.927	.927	.927	.927
manuVTO10	-.277	-.221	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.983	.983	.983	.983	.983	.927	.927	.927	.927	.927	.927
manuVTP10	-.277	-.221	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.983	.983	.983	.983	.983	.927	.927	.927	.927	.927	.927
manuVT_D15	-.276	-.223	.983	.983	.983	.983	.983	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVT_D15_dividido	-.276	-.223	.983	.983	.983	.983	.983	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTR15	-.276	-.223	.983	.983	.983	.983	.983	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTO15	-.276	-.223	.983	.983	.983	.983	.983	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTP15	-.276	-.223	.983	.983	.983	.983	.983	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVT_D20	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
manuVT_D20_dividido	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00
manuVT_D20_dividido_2	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00
manuVTR20	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00
manuVTO20	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00
manuVTP20	-.263	-.210	.927	.927	.927	.927	.927	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.11 Transporte privado: correlación de Pearson para variables de distancia, tiempo y potencial de acceso a empleo industrial

Variables	distan cia_vi ajeK M	Tiem po_de _viaje _MIN	man uVT D10	man uVT _divi dido	man uVT R10	man uVT O10	man uV TP1 0	man uVT D15	man uVT _divi did o	man uVT R15	man uVT O15	man uVT P15	man uVT D20	man uVT D20 _divi dido	manu VTD 20_di vidid o_2	man uVT R20	man uVT O20	man uVT P20
distancia_viajeKM	1	.595	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.115	-	-	-
Tiempo_de_viaje_MIN	.595	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.105	-	-	-
manuVTD10	-.148	-.117	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.923	.923	.923	.923	.923	.923
manuVTD10_dividido	-.148	-.117	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.923	.923	.923	.923	.923	.923
manuVTR10	-.148	-.117	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.923	.923	.923	.923	.923	.923
manuVTO10	-.148	-.117	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.981	.981	.981	.981	.981	.923	.923	.923	.923	.923	.923
manuVTP10	-.148	-.117	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.981	.981	.981	.981	.981	.923	.923	.923	.923	.923	.923
manuVTD15	-.137	-.116	.981	.981	.981	.981	.981	1	1.00	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTD15_dividido	-.137	-.116	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1	1.00	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTR15	-.137	-.116	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1	1.00	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTO15	-.137	-.116	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1.00	1	1.00	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTP15	-.137	-.116	.981	.981	.981	.981	.981	1.00	1.00	1.00	1.00	1	.979	.979	.979	.979	.979	.979
manuVTD20	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
manuVTD20_dividido	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00
manuVTD20_dividido_2	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00
manuVTR20	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00
manuVTO20	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00
manuVTP20	-.115	-.105	.923	.923	.923	.923	.923	.979	.979	.979	.979	.979	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1

Fuente: elaboración propia

Como puede apreciarse en los cuadros 5.10 y 5.11, los Pae_y calculados con un mismo inverso de la distancia ($\alpha = 1, 1.5, 2$) no presentan diferencias en sus correlaciones con la distancia y con el tiempo de viaje. Sin embargo, debido a que las variables de resultado directo (manuVTD10, manuVTD15 y manuVTD20) presentan valores de muchas cifras, se seleccionaron las variables de “resultado directo dividido entre mil” (manuVTD10_dividido, manuVTD15_dividido y manuVTD20_dividido) para ser probadas en el modelo de regresión.

Para seleccionar las variables de Pae_y que serán incluidas en los modelos de regresión que relacionarán la forma urbana con la distancia promedio de viaje y con el tiempo promedio de viaje, se realizaron pruebas de regresión (por separado para transporte público y para transporte privado) a fin de identificar con cuál de las variables se obtenía una mejor R^2 en cada caso. Para cada una de las variables de Pae_y seleccionadas (manuVTD10_dividido, manuVTD15_dividido y manuVTD20_dividido), se realizaron 4 pruebas, dos de ellas para transporte público y dos para transporte privado, es decir, en total se llevaron a cabo 12 pruebas (ver cuadro 5.12). En el cuadro 5.12 además puede observarse que el modelo de regresión se corrió por una parte con la variable de longitud de viaje como variable dependiente y, por otra parte, con la variable de tiempo de viaje como variable dependiente para cada una de las variables independientes de potencial de acceso a empleo industrial.

Cuadro 5.12 Variables en cada prueba de regresión para Pae_y

Transporte	Variable dependiente	Variable independiente	Prueba
público	distancia	manuVTD10_dividido	1
		manuVTD15_dividido	2
		manuVTD20_dividido	3
	tiempo	manuVTD10_dividido	4
		manuVTD15_dividido	5
		manuVTD20_dividido	6
privado	distancia	manuVTD10_dividido	7
		manuVTD15_dividido	8
		manuVTD20_dividido	9
	tiempo	manuVTD10_dividido	10
		manuVTD15_dividido	11
		manuVTD20_dividido	12

Fuente: elaboración propia

- Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte público considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_y . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_y (ver la sección de anexos) muestran que la variable “manuVTD20_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5. La variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “manuVTD20_dividido” en lugar de la variable Pae_y , como sigue:

$$3) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso empleo en el sector industrial para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

. Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte público considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_y . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_y (ver la sección de anexos) muestran que la variable “manuVTD20_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5. La variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “manuVTD20_dividido” en lugar de la variable Pae_y , como sigue:

$$6) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso empleo en el sector industrial para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte privado considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_y . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_y (ver la sección de anexos) muestran que la variable “manuVTD20_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5. La variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “manuVTD20_dividido” en lugar de la variable Pae_y , como sigue:

$$9) LV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{yj}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Es igual a:

$$LV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; Pae_{yj} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso empleo en el sector industrial para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

- Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Al explorar qué tipo de regresión era la más adecuada para este modelo, se identificó la ecuación logarítmica ($y = a \ln(x) + b$) como la más adecuada. Debido a ello, la variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión que relacionará la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte privado considerará el logaritmo de la variable en lugar de la variable de Pae_y . Los resultados de las pruebas de regresión con los logaritmos de las variables de Pae_y (ver la sección de anexos) muestran que la variable “manuVTD20_dividido” presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5. La variable de Pae_y que será incluida en el modelo de regresión considerará el logaritmo de la variable “manuVTD20_dividido” en lugar de la variable Pae_y , como sigue:

$$12) TV_j = \phi + \beta_1 (Pae_{y_j}) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Es igual a:

$$TV_j = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 I_{pj} \quad \text{Ecuación 5.12}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; Pae_{y_j} es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso empleo en el sector industrial para la persona j ; I_{pj} es el ingreso promedio de la persona j .

5.1.4 Nivel de ingreso

Debido a que las primeras dos propuestas de indicador de ingreso, i) estimación del ingreso a través de un modelo de regresión y ii) atribución de un nivel socioeconómico mediante un análisis de componentes principales, no resultaron adecuadas, el indicador de ingreso empleado en este trabajo de investigación se basó en la obtención de un salario promedio por AGEB con base en la información disponible en el Censo General de Población y Vivienda del año 2000 del INEGI. El cálculo del ingreso anivel de AGEB urbana se realizó de la siguiente manera:

1. Las variables del Censo utilizadas se muestran en el cuadro 5.13:

Cuadro 5.13 Variables empleadas para el indicador de ingreso

Variable	Descripción
z115	Población ocupada que recibe menos de un salario mínimo mensual de ingreso por trabajo
z116	Población ocupada que recibe 1 y hasta 2 salarios mínimos mensuales de ingreso por trabajo
z117	Población ocupada con más de 2 y hasta 5 salarios mínimos mensuales de ingreso por trabajo
z118	Población ocupada que recibe más de 5 salarios mínimos mensuales de ingreso por trabajo

Fuente: elaboración propia

2. Dichas variable se clasificaron en grupos de ingreso promedio como sigue:

Cuadro 5.14 Clasificación de variables en grupos de ingreso promedio

Salario de la población ocupada	Salario promedio
menos de 1 s.m.m.	1 s.m.m.
de 1 a 2 s.m.m.	
más de 2 y hasta 5 s.m.m.	3.5 s.m.m.
más de 5 s.m.m.	8.5 s.m.m.

Fuente: elaboración propia

3. La cantidad de población ocupada en cada AGEB urbana se multiplicó por el salario promedio del grupo de ingreso al que perteneciera dicha población, y la suma de los productos de dichas multiplicaciones dio como resultado un salario promedio por AGEB, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$I_{pj} = (P_{bj} * S_1) + (P_{mj} * S_2) + (P_{aj} * S_3) \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Donde:

I_{pj} es el ingreso promedio en la AGEB j ; P_{bj} es la población ocupada que recibe hasta 2 s.m.m. en la AGEB j ; S_1 es el promedio del primer rango de ingreso (hasta 2 s.m.m.); P_{mj} es la población ocupada que recibe más de 2 y hasta 5 s.m.m. en la AGEB j ; S_2 es el promedio del segundo rango de ingreso (más de 2 y hasta 5 s.m.m.); P_{aj} es la población ocupada que recibe más de 5 s.m.m. en la AGEB j ; S_3 es el promedio del tercer rango de ingreso (más de 5 s.m.m.).

4. Una vez conocidos los salarios promedio a escala de AGEB, los salarios se transformaron a través del programa ArcMap 10.1 a escala de zona de transporte. Las AGEB urbanas que se encontraban contenidas en una zona de transporte dada, aportaron un porcentaje de su valor de salario promedio a la zona de transporte que en que se localizaba su centroide geográfico, el porcentaje aportado por cada AGEB fue según el porcentaje de área de traslape¹¹⁰. Es decir, el salario promedio de cada zona de transporte fue un promedio ponderado de los salarios promedio de las ageb con que traslapaba dicha zona.

5. Los valores de salario promedio para cada zona de transporte fueron atribuidos a las personas de la encuesta O-D según su zona de transporte de residencia.

¹¹⁰ Por ejemplo, si una zona de transporte traslapaba con dos AGEB urbanas, y 30 por ciento del área de la zona de transporte traslapaba con la AGEB 1 y el otro 70 por ciento del área de la zona de transporte traslapaba con la AGEB 2, el salario promedio de la zona de transporte era igual al salario promedio en la AGEB 1 por 0.30 más el salario promedio en la AGEB 2 por 0.70.

La variable de ingreso empleada en los modelos de regresión que relacionarán la forma urbana con la distancia y con el tiempo de viaje de las personas es la variable continua de ingreso (promedio) atribuida según información del censo 2000. La variable se llamó para fines de este análisis como “smm_zona_transporte”.

Las ecuaciones de regresión ya incluyendo la variable de ingreso, en algunos de los casos en su forma original y en otros casos transformada a su logaritmo natural¹¹¹, quedaron como sigue:

- Ecuación 5.1: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD10}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.2: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.3: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{totalVTD10}_j) + \beta_2 (\text{totalVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.4: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD15}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.5: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{tercVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.6: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{tercVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.7: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$

- Ecuación 5.8: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

¹¹¹ En la sección de anexos se explica la necesidad de aplicar una transformación logarítmica tanto a la variable de ingreso como a las variables dependientes de distancia y tiempo de viaje a fin de que los modelos de regresión cumplieran con la condición de homocedasticidad.

- Ecuación 5.9: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
- Ecuación 5.10: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
- Ecuación 5.11: $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$
- Ecuación 5.12: $\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; totalVTD10_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; totalVTD15_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; totalVTD20_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; $\text{smm_zona_transporte}$ es el salario promedio para la persona j (atribuido según su zona de transporte).

5.1.5 Resultados del modelo: transporte público y distancia

Para analizar la relación entre las variables de la forma urbana (accesibilidad al empleo y demanda de viajes de la población según su ingreso) y la longitud de viaje en transporte público, se utilizaron los siguientes modelos de regresión:

- $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD10}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$ Ecuación 5.1
- $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{tercVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$ Ecuación 5.5
- $\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$ Ecuación 5.9

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j; totalVTD10_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j; tercVTD10_j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j; manuVTD20_j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j; smm_zona_transporte es el salario promedio para la persona j.

Es importante mencionar que cada uno de los modelos de regresión tuvo dos submodelos, en los cuales se consideraron por separado: i) las variables independientes de potencial de acceso a empleo; ii) las variables independientes de ingreso. Los resultados de dichas pruebas de regresión pueden consultarse con detalle en la sección de anexos, y a continuación se presentan solamente cuadros de síntesis de dichos resultados para cada uno de los modelos (ecuaciones: 5.1, 5.5 y 5.9). La importancia de llevar a cabo lo anterior fue comparar la capacidad de cada una de las variables independientes por separado para explicar la variable dependiente de distancia, y conocer si dicha capacidad continuaba siendo la misma una vez considerando el modelo completo¹¹².

Cuadro 5.15 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.1) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.1)</i>
ln(totalVTD10)	B	-1.013		-0.962
	Beta	-0.383		-0.355
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.030	-0.366
	Beta		-0.214	-0.076
	Sig.		0.000	0.004
R ²		0.146	0.045	0.152
VIF				1.177

Fuente: elaboración propia

¹¹² Es importante recordar que los modelos completos de esta investigación (para relacionar forma urbana con distancia y tiempo de viaje) son modelos reducidos debido a que no se cuenta con toda la información necesaria para el planteamiento de un modelo estructural que explique las variables dependientes de movilidad urbana (distancia y tiempo). Lo cual es causa de que no puedan esperarse R² muy grandes ya que faltan otros factores explicadores.

Cuadro 5.16 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.5) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.5)</i>
tercVTD10	B	-0.084		-0.080
	Beta	-0.888		-0.847
	Sig.	0.000		0.000
(tercVTD10) ²	B	0.001		0.001
	Beta	0.582		0.574
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.030	-0.336
	Beta		-0.214	-0.070
	Sig.		0.000	0.012
R ²		0.117	0.045	0.120
VIF				1.284

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.17 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.9) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.9)</i>
ln(manuVTD20)	B	-0.312		-0.282
	Beta	-0.311		-0.279
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.030	-0.787
	Beta		-0.214	-0.163
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.096	0.045	0.120
VIF				1.034

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los cuadros 5.15, 5.16 y 5.17, al comparar los coeficientes (B y Beta) y las significancias de las variables, en los modelos completos (ecuaciones: 5.1, 5.5 y 5.9) disminuye el poder de explicación sobre todo de las variables de ingreso. El valor de VIF muestra que es posible que exista algún grado de colinealidad entre las variables independientes, lo que da como resultado que la variable explicadora más poderosa (que en este caso es la variable de potencial de acceso a empleo en cada modelo) tome una parte de la varianza de la variable menos poderosa, reduciendo su coeficiente. A pesar de ello, la significancia de las variables de ingreso sigue siendo buena.

Los cuadros 5.18, 5.19 y 5.20 muestran los resultados de los análisis de regresión para relacionar distancia de viaje en transporte público con la forma urbana.

Cuadro 5.18 Transporte público: resultados de regresión para distancia
(variables independientes “empleo total” e “ingreso”)

Número de casos: 1460 R²= 0.153 R² ajustada= 0.152
Error estándar de estimación: 0.7969760

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.742	.263		21.848	0.000
ln(totalVTD10)	-0.962	0.071	-.355	-13.567	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.366	0.126	-.076	-2.906	0.004

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R² ajustada de 15.2 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.355 para el potencial de acceso a empleo total, y de -0.076 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente a la distancia de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo total posee un mayor poder de explicación sobre la variable dependiente.

Cuadro 5.19 Transporte público: resultados de regresión para distancia
(variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”)

Número de casos: 1460 R²= 0.121 R² ajustada= 0.120
Error estándar de estimación: 0.8118591

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.282	.208		15.750	0.000
tercVTD10	-0.080	0.011	-.847	-7.133	0.000
(tercVTD10) ²	0.001	0.000	.574	4.928	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.336	0.134	-.070	-2.504	0.012

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 12.0 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.847 para el potencial de acceso a empleo en el sector terciario (el coeficiente 0.574 corresponde al cuadrado de la variable de potencial de acceso a empleo en el sector terciario), y de -0.070 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente a la distancia de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo en el sector terciario posee un mayor poder de explicación sobre la variable dependiente.

Cuadro 5.20 Transporte público: resultados de regresión para distancia

(variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”)

Número de casos: 1460 $R^2=$ 0.121 R^2 ajustada= 0.120

Error estándar de estimación: 0.8118350

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.182	.174		18.287	0.000
ln(manuVTD20)	-0.282	0.025	-.279	-11.160	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.787	0.120	-.163	-6.532	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 12.0 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.279 para el potencial de acceso a empleo en el sector industrial y de -0.163 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente a la distancia de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo en el sector industrial posee un mayor coeficiente.

En resumen, los tres modelos de regresión para transporte público, con la variable de “distancia de viaje” como variable dependiente comprueban la hipótesis 1 de que la accesibilidad a las zonas de empleo influye, y dicha influencia es negativa, en la longitud de los viajes al trabajo, lo cual se cumple más en el caso del empleo en el sector terciario que en el caso del empleo en el sector industrial. Por otra parte, los resultados obtenidos también

comprueban la hipótesis 2 de que el nivel de ingreso influye, y dicha influencia es negativa, en la longitud de los viajes al trabajo, aunque esta variable influye la distancia en menor medida que el potencial de acceso a empleo.

5.1.6 Resultados del modelo: transporte público y tiempo

Para analizar la relación entre las variables de la forma urbana (accesibilidad al empleo y demanda de viajes de la población según su ingreso) y el tiempo de viaje en transporte público, se utilizaron los siguientes modelos de regresión:

$$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.2}$$

$$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{tercVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.6}$$

$$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; totalVTD20_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; $\text{smm_zona_transporte}$ es el salario promedio para la persona j .

Es importante mencionar que cada uno de los modelos de regresión tuvo dos submodelos, en los cuales se consideraron por separado: i) las variables independientes de potencial de acceso a empleo; ii) las variables independientes de ingreso. Los resultados de dichas pruebas de regresión pueden consultarse con detalle en la sección de anexos, y a continuación se presentan solamente cuadros de síntesis de dichos resultados para cada uno de los modelos (ecuaciones: 5.2, 5.6 y 5.10). La importancia de llevar a cabo lo anterior fue

comparar la capacidad de cada una de las variables independientes por separado para explicar la variable dependiente de tiempo, y conocer si dicha capacidad continuaba siendo la misma una vez considerando el modelo completo¹¹³.

Cuadro 5.21 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.2) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.2)</i>
ln(totalVTD20)	B	-0.369		-0.321
	Beta	-0.362		-0.307
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.092	-0.546
	Beta		-0.255	-0.127
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.130	0.064	0.142
VIF				1.208

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.22 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.6) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.6)</i>
tercVTD10	B	-0.063		-0.055
	Beta	-0.756		-0.656
	Sig.	0.000		0.000
(tercVTD10) ²	B	0.001		0.001
	Beta	0.430		0.386
	Sig.	0.000		0.001
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.092	-0.507
	Beta		-0.255	-0.118
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.121	0.064	0.129
VIF				1.284

Fuente: elaboración propia

¹¹³ Es importante recordar que los modelos completos de esta investigación (para relacionar forma urbana con distancia y tiempo de viaje) son modelos reducidos debido a que no se cuenta con toda la información necesaria para el planteamiento de un modelo estructural que explique las variables dependientes de movilidad urbana (distancia y tiempo). Lo cual es causa de que no puedan esperarse R² muy grandes ya que faltan otros factores explicadores.

Cuadro 5.23 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.10) y sus sub-modelos

Variables independientes		Sub-Modelo 1	Sub-Modelo 2	Modelo (ecuación 5.10)
ln(manuVTD20)	B	-0.224		-0.186
	Beta	-0.253		-0.207
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-1.092	-0.932
	Beta		-0.255	-0.217
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.063	0.064	0.105
VIF				1.034

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los cuadros 5.21, 5.22 y 5.23, al comparar los coeficientes (B y Beta) y las significancias de las variables, en los modelos completos (ecuaciones: 5.2, 5.6 y 5.10) disminuye el poder de explicación sobre todo de las variables de ingreso. El valor de VIF muestra que es posible que exista algún grado de colinealidad entre las variables independientes, lo que da como resultado que la variable explicadora más poderosa (que en este caso es la variable de potencial de acceso a empleo en cada modelo) tome una parte de la varianza de la variable menos poderosa, reduciendo su coeficiente. A pesar de ello, la significancia de las variables de ingreso sigue siendo buena.

Los cuadros 5.24, 5.25 y 5.26 muestran los resultados de los análisis de regresión para relacionar tiempo de viaje en transporte público con la forma urbana.

Cuadro 5.24 Transporte público: resultados de regresión para tiempo (variables independientes “empleo total” e “ingreso”)

Número de casos: 1460 R²= 0.143 R² ajustada= 0.142
 Error estándar de estimación: 0.7121922

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.148	.152		33.826	0.000
ln(totalVTD20)	-0.321	0.028	-.307	-11.520	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.546	0.114	-.127	-4.780	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 14.2 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.307 para el potencial de acceso a empleo total, y de -0.127 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo total posee un mayor coeficiente.

Cuadro 5.25 Transporte público: resultados de regresión para tiempo
(variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”)

Número de casos: 1460 $R^2=$ 0.131 R^2 ajustada= 0.129
Error estándar de estimación: 0.7174647

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	5.188	.184		
tercVTD10	-0.055	0.010	-.656	-5.557	0.000
(tercVTD10) ²	0.001	0.000	.386	3.330	0.001
ln(smm_zona_transporte)	-0.507	0.119	-.118	-4.278	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 12.9 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.656 para el potencial de acceso a empleo en el sector terciario (el coeficiente 0.386 corresponde al cuadrado de la variable de potencial de acceso a empleo en el sector terciario), y de -0.118 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo en el sector terciario posee un mayor coeficiente.

Cuadro 5.26 Transporte público: resultados de regresión para tiempo
(variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”)

Número de casos:	1460	R ² =	0.106	R ² ajustada=	0.105
Error estándar de estimación:	0.7272411				
Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.220	.156		33.488	0.000
ln(manuVTD20)	-0.186	0.023	-.207	-8.221	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.932	0.108	-.217	-8.637	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R² ajustada de 10.5 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.207 para el potencial de acceso a empleo en el sector industrial, y de -0.217 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, y en este caso el potencial de acceso a empleo total y el ingreso poseen coeficientes parecidos.

En resumen, los tres modelos de regresión para transporte público, con la variable de “tiempo de viaje” como variable dependiente comprueban que la accesibilidad a las zonas de empleo influye, y dicha influencia es negativa, en el tiempo de los viajes al trabajo, lo cual se cumple más en el caso del empleo en el sector terciario que en el caso del empleo en el sector industrial. Además, los resultados confirman que la variable de tiempo de viaje se comporta de la misma manera que la variable de distancia de viaje al ser influidas por las variables de accesibilidad al empleo. Por otra parte, los resultados obtenidos también comprueban que el nivel de ingreso influye, y dicha influencia es negativa, en el tiempo de los viajes al trabajo, y que incluso la variable de nivel de ingreso influye un poco más el tiempo que el potencial de acceso a empleo en el sector industrial (lo cual no se cumple para la accesibilidad al empleo en el sector terciario, que presenta una mayor influencia en el tiempo que el nivel de ingreso).

5.1.7 Resultados del modelo: transporte privado y distancia

Para analizar la relación entre las variables de la forma urbana (accesibilidad al empleo y demanda de viajes de la población según su ingreso) y la distancia de viaje en transporte privado, se utilizaron los siguientes modelos de regresión:

$$- \ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{totalVTD10}_j) + \beta_2 (\text{totalVTD10}_j)^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$$

Ecuación 5.3

$$- \ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$$

Ecuación 5.7

$$- \ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$$

Ecuación 5.11

Donde:

LV_j es la longitud de viaje de cada persona j ; totalVTD10_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; $\text{smm_zona_transporte}$ es el salario promedio para la persona j .

Es importante mencionar que cada uno de los modelos de regresión tuvo dos submodelos, en los cuales se consideraron por separado: i) las variables independientes de potencial de acceso a empleo; ii) las variables independientes de ingreso. Los resultados de dichas pruebas de regresión pueden consultarse con detalle en la sección de anexos, y a continuación se presentan solamente cuadros de síntesis de dichos resultados para cada uno de los modelos (ecuaciones: 5.3, 5.7 y 5.11). La importancia de llevar a cabo lo anterior fue comparar la capacidad de cada una de las variables independientes por separado para explicar

la variable dependiente de distancia, y conocer si dicha capacidad continuaba siendo la misma una vez considerando el modelo completo¹¹⁴.

Cuadro 5.27 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.3) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.3)</i>
totalVTD10	B	-0.059		-0.055
	Beta	-0.964		-0.877
	Sig.	0.000		0.000
(totalVTD10) ²	B	0.000		0.000
	Beta	0.716		0.629
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-0.064	0.180
	Beta		-0.013	0.037
	Sig.		0.573	0.129
R ²		0.074	0.000	0.067
VIF				1.177

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.28 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.7) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.7)</i>
ln(tercVTD10)	B	-0.654		-0.716
	Beta	-0.270		-0.295
	Sig.	0.000		0.000
smm_zona_transporte	B		-0.058	0.055
	Beta		-0.063	0.060
	Sig.		0.006	0.014
R ²		0.072	0.003	0.075
VIF				1.212

Fuente: elaboración propia

¹¹⁴ Es importante recordar que los modelos completos de esta investigación (para relacionar forma urbana con distancia y tiempo de viaje) son modelos reducidos debido a que no se cuenta con toda la información necesaria para el planteamiento de un modelo estructural que explique las variables dependientes de movilidad urbana (distancia y tiempo). Lo cual es causa de que no puedan esperarse R² muy grandes ya que faltan otros factores explicadores.

Cuadro 5.29 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.11) y sus sub-modelos

Variables independientes		Sub-Modelo 1	Sub-Modelo 2	Modelo (ecuación 5.11)
ln(manuVTD20)	B	-0.182		-0.176
	Beta	-0.184		-0.178
	Sig.	0.000		0.000
smm_zona_transporte	B		-0.058	-0.029
	Beta		-0.063	-0.032
	Sig.		0.006	0.171
R ²		0.033	0.003	0.034
VIF				1.032

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los cuadros 5.27, 5.28 y 5.29, al comparar los coeficientes (B y Beta) y las significancias de las variables, en los modelos completos (ecuaciones: 5.3, 5.7 y 5.11) disminuye el poder de explicación sobre todo de las variables de ingreso. El valor de VIF muestra que es posible que exista algún grado de colinealidad entre las variables independientes, lo que da como resultado que la variable explicadora más poderosa (que en este caso es la variable de potencial de acceso a empleo en cada modelo) tome una parte de la varianza de la variable menos poderosa, reduciendo su coeficiente. En este caso la significancia de las variables de ingreso no es muy buena.

Los cuadros 5.30, 5.31 y 5.32 muestran los resultados de los análisis de regresión para relacionar distancia de viaje en transporte privado con la forma urbana.

Cuadro 5.30 Transporte privado: resultados de regresión para distancia (variables independientes “empleo total” e “ingreso”)

Número de casos: 1848 R²= 0.069 R² ajustada= 0.067
 Error estándar de estimación: 0.8379270

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	2.840	.328		8.661	0.000
totalVTD10	-0.055	0.011	-.877	-5.048	0.000
(totalVTD10) ²	0.000	0.000	.629	3.586	0.000
ln(smm_zona_transporte)	0.180	0.119	.037	1.518	0.129

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 6.7 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.877 para el potencial de acceso a empleo en el sector terciario (el coeficiente 0.629 corresponde al cuadrado de la variable de potencial de acceso a empleo en el sector terciario), lo cual señala que la variable influye negativamente a la distancia de viaje. El coeficiente estandarizado de la variable de ingreso es de 0.037, sin embargo la significancia de esta variable en el modelo es superior a 0.05 por lo que no está explicando a la variable dependiente. El valor de significancia para la variable de accesibilidad al empleo total es menor a 0.05, lo que confirma que sí está explicando a la variable de distancia.

Cuadro 5.31 Transporte privado: resultados de regresión para distancia
(variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”)

Número de casos: 1875 $R^2=$ 0.076 R^2 ajustada= 0.075
Error estándar de estimación: 0.8408368

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	3.421	.168		
ln(tercVTD10)	-0.716	0.059	-.295	-12.047	0.000
smm_zona_transporte	0.055	0.022	.060	2.465	0.014

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 7.5 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.295 para el potencial de acceso a empleo en el sector terciario y de 0.60 para el nivel de ingreso lo cual señala que mientras que la variable de accesibilidad al empleo terciario influyen negativamente a la distancia de viaje, la variable de nivel de ingreso influye la distancia positivamente (es decir, en este caso a mayor ingreso, mayor distancia de viaje). Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo en el sector industrial posee un mayor coeficiente.

Cuadro 5.32 Transporte privado: resultados de regresión para distancia
(variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”)

Número de casos: 1875 R²= 0.035 R² ajustada= 0.034
Error estándar de estimación: 0.8592406

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	1.917	.096		20.004	0.000
ln(manuVTD20)	-0.176	0.023	-.178	-7.724	0.000
smm_zona_transporte	-0.029	0.021	-.032	-1.370	0.171

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R² ajustada de 3.4 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.178 para el potencial de acceso a empleo en el sector industrial, y de -0.032 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente a la distancia de viaje. El valor de significancia para la variable de accesibilidad al empleo industrial es menor a 0.05, mientras que para la variable de ingreso la significancia es superior a 0.05, lo que significa que en este modelo solo la variable de potencial de acceso a empleo en el sector industrial está afectando la distancia de viaje.

En resumen, los tres modelos de regresión para transporte privado, con la variable de “distancia de viaje” como variable dependiente comprueban la hipótesis 1 de que la accesibilidad a las zonas de empleo influye, y dicha influencia es negativa, en la longitud de los viajes al trabajo, lo cual se cumple un poco más para el empleo en el sector terciario que para el empleo en el sector industrial. Sin embargo, los valores de R² para estos modelos muestran que la influencia de la accesibilidad al empleo en la determinación de la distancia de viaje es mayor en el caso del transporte público que en el caso del transporte privado. Por otra parte, los resultados obtenidos muestran que en general, la variable de nivel de ingreso es poco significativa en la determinación de la distancia de viaje en transporte privado (a excepción del segundo modelo en el que un mayor ingreso parece influir positivamente en la distancia de viaje), por lo que no permiten afirmar que la hipótesis 2 se cumple en el caso del transporte privado.

5.1.8 Resultados del modelo: transporte privado y tiempo

Para analizar la relación entre las variables de la forma urbana (accesibilidad al empleo y demanda de viajes de la población según su ingreso) y el tiempo de viaje en transporte privado, se utilizaron los siguientes modelos de regresión:

$$- \ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD15}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.4}$$

$$- \ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.8}$$

$$- \ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20}_j) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte}) \quad \text{Ecuación 5.12}$$

Donde:

TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j ; totalVTD15_j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j ; tercVTD10_j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j ; manuVTD20_j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j ; $\text{smm_zona_transporte}$ es el salario promedio para la persona j .

Es importante mencionar que cada uno de los modelos de regresión tuvo dos submodelos, en los cuales se consideraron por separado: i) las variables independientes de potencial de acceso a empleo; ii) las variables independientes de ingreso. Los resultados de dichas pruebas de regresión pueden consultarse con detalle en la sección de anexos, y a continuación se presentan solamente cuadros de síntesis de dichos resultados para cada uno de los modelos (ecuaciones: 5.4, 5.8 y 5.12). La importancia de llevar a cabo lo anterior fue comparar la capacidad de cada una de las variables independientes por separado para explicar

la variable dependiente de tiempo, y conocer si dicha capacidad continuaba siendo la misma una vez considerando el modelo completo¹¹⁵.

Cuadro 5.33 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.4) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.4)</i>
ln(totalVTD15)	B	-0.329		-0.296
	Beta	-0.229		-0.199
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-0.656	-0.435
	Beta		-0.158	-0.105
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.052	0.024	0.061
VIF				1.077

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5.34 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.8) y sus sub-modelos

<i>Variables independientes</i>		<i>Sub-Modelo 1</i>	<i>Sub-Modelo 2</i>	<i>Modelo (ecuación 5.8)</i>
ln(tercVTD10)	B	-0.571		-0.537
	Beta	-0.277		-0.252
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-0.656	-0.309
	Beta		-0.158	-0.074
	Sig.		0.000	0.002
R ²		0.076	0.024	0.080
VIF				1.124

Fuente: elaboración propia

¹¹⁵ Es importante recordar que los modelos completos de esta investigación (para relacionar forma urbana con distancia y tiempo de viaje) son modelos reducidos debido a que no se cuenta con toda la información necesaria para el planteamiento de un modelo estructural que explique las variables dependientes de movilidad urbana (distancia y tiempo). Lo cual es causa de que no puedan esperarse R² muy grandes ya que faltan otros factores explicadores.

Cuadro 5.35 Resultados para el modelo de regresión (ecuación 5.12) y sus sub-modelos

Variables independientes		Sub-Modelo 1	Sub-Modelo 2	Modelo (ecuación 5.12)
ln(manuVTD20)	B	-0.091		-0.077
	Beta	-0.108		-0.090
	Sig.	0.000		0.000
ln(smm_zona_transporte)	B		-0.656	-0.632
	Beta		-0.158	-0.152
	Sig.		0.000	0.000
R ²		0.011	0.024	0.032
VIF				1.004

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los cuadros 5.33, 5.34 y 5.35, al comparar los coeficientes (B y Beta) y las significancias de las variables, en los modelos completos (ecuaciones: 5.4, 5.8 y 5.12) disminuye el poder de explicación sobre todo de las variables de ingreso. El valor de VIF muestra que es posible que exista algún grado de colinealidad entre las variables independientes, lo que da como resultado que la variable explicadora más poderosa (que en este caso es la variable de potencial de acceso a empleo en cada modelo) tome una parte de la varianza de la variable menos poderosa, reduciendo su coeficiente. A pesar de ello, la significancia de las variables de ingreso sigue siendo buena.

Los cuadros 5.36, 5.37 y 5.38 muestran los resultados de los análisis de regresión para relacionar tiempo de viaje en transporte privado con la forma urbana.

Cuadro 5.36 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo
(variables independientes “empleo total” e “ingreso”)

Número de casos: 1848 R²= 0.062 R² ajustada= 0.061

Error estándar de estimación: 0.7179823

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.913	.156		31.515	0.000
ln(totalVTD15)	-0.296	0.035	-.199	-8.495	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.435	0.097	-.105	-4.465	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 6.1 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.199 para el potencial de acceso a empleo total, y de -0.105 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo total posee un coeficiente un poco mayor.

Cuadro 5.37 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo
(variables independientes “empleo terciario” e “ingreso”)

Número de casos: 1848 $R^2=$ 0.081 R^2 ajustada= 0.080

Error estándar de estimación: 0.7104131

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.446	.174		31.283	0.000
ln(tercVTD10)	-0.537	0.050	-.252	-10.640	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.309	0.098	-.074	-3.136	0.002

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 8.0 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.252 para el potencial de acceso a empleo en el sector terciario, y de -0.074 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, aunque el potencial de acceso a empleo en el sector terciario posee un mayor coeficiente.

Cuadro 5.38 Transporte privado: resultados de regresión para tiempo
(variables independientes “empleo industrial” e “ingreso”)

Número de casos: 1848 $R^2=$ 0.033 R^2 ajustada= 0.032

Error estándar de estimación: 0.7288614

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.408	.143		30.841	0.000
ln(manuVTD20)	-0.077	0.020	-.090	-3.922	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.632	0.095	-.152	-6.623	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión muestran una R^2 ajustada de 3.2 por ciento, mientras que los coeficientes estandarizados son de -0.09 para el potencial de acceso a empleo en el sector industrial, y de -0.152 para el nivel de ingreso lo cual señala que ambas variables independientes influyen negativamente al tiempo de viaje. Los valores de significancia son menores a 0.05 para las dos variables independientes, y en este caso el nivel de ingreso posee un coeficiente mayor al de la variable de accesibilidad al empleo en el sector industrial.

En resumen, los tres modelos de regresión para transporte privado, con la variable de “tiempo de viaje” como variable dependiente comprueban que la accesibilidad a las zonas de empleo influye, y dicha influencia es negativa, en el tiempo de los viajes al trabajo, lo cual se cumple más en el caso del empleo en el sector terciario que en el caso del empleo en el sector industrial. Asimismo, los valores de R^2 para estos modelos muestran que la influencia de la accesibilidad al empleo en la determinación del tiempo de viaje es mayor para los viajes en transporte público que para los viajes en transporte privado. Además, los resultados confirman que la variable de tiempo de viaje se comporta de la misma manera que la variable de distancia de viaje al ser influidas por las variables de accesibilidad al empleo. Por otra parte, los resultados obtenidos muestran que la variable de nivel de ingreso también influye negativamente al tiempo de viaje en transporte privado (de hecho, su influencia en el tiempo de viaje es mayor aún que la variable de accesibilidad al empleo industrial), sin embargo el comportamiento de las variables dependientes de distancia de viaje y de tiempo de viaje en transporte privado no parece ser igual cuando se encuentran en función del nivel de ingreso.

El cuadro 5.39 muestra de manera sintetizada los resultados de las relaciones entre forma urbana y movilidad para transporte público y privado. En el cuadro solo se incluyen las variables significativas de cada uno de los modelos.

Cuadro 5.39 Variables significativas en cada modelo

TRANSPORTE PUBLICO					
<i>Variable dependiente</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Significancia</i>	<i>Beta</i>	<i>R²</i>	<i>Síntesis</i>
Distancia	Accesibilidad a empleo total	0.000	-0.355	0.152	La accesibilidad a las zonas de empleo y el nivel de ingreso influyen negativamente en la longitud de los viajes al trabajo, y la accesibilidad lo hace en mayor medida. La accesibilidad al empleo terciario explica más la distancia que la accesibilidad al empleo industrial.
	Nivel de ingreso	0.004	-0.076		
	Accesibilidad a empleo terciario	0.000	-0.847	0.120	
	Nivel de ingreso	0.012	-0.070		
	Accesibilidad a empleo industrial	0.000	-0.279	0.120	
	Nivel de ingreso	0.000	-0.163		
Tiempo	Accesibilidad a empleo total	0.000	-0.307	0.142	La accesibilidad a las zonas de empleo y el nivel de ingreso influyen negativamente en el tiempo de los viajes al trabajo, y la accesibilidad al empleo terciario lo hace en mayor medida que la accesibilidad al empleo industrial. Las variables de distancia y tiempo se comportan igual en función de las variables independientes.
	Nivel de ingreso	0.000	-0.127		
	Accesibilidad a empleo terciario	0.000	-0.656	0.129	
	Nivel de ingreso	0.000	-0.118		
	Accesibilidad a empleo industrial	0.000	-0.207	0.105	
	Nivel de ingreso	0.000	-0.217		
TRANSPORTE PRIVADO					
<i>Variable dependiente</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Significancia</i>	<i>Beta</i>	<i>R²</i>	<i>Síntesis</i>
Distancia	Accesibilidad a empleo total	0.000	-0.877	0.067	La accesibilidad al empleo influye negativamente en la longitud de viaje (y más para el empleo terciario que para el empleo industrial). Esta influencia es menor para el transporte privado que para el público. El nivel de ingreso no explica la distancia de viaje (a excepción del segundo modelo en el que un mayor ingreso parece influir positivamente en la distancia)
	Accesibilidad a empleo terciario	0.000	-0.295	0.075	
	Nivel de ingreso	0.014	0.060		
	Accesibilidad a empleo industrial	0.000	-0.178	0.034	
Tiempo	Accesibilidad a empleo total	0.000	-0.199	0.061	La accesibilidad al empleo influye negativamente en el tiempo de viaje (y más para el empleo terciario que en para el empleo industrial). Esta influencia es menor para el transporte privado que para el público. El nivel de ingreso influye negativamente al tiempo de viaje. La variable de tiempo se comporta igual que la de distancia cuando están en función de la accesibilidad al empleo, pero no en función del ingreso.
	Nivel de ingreso	0.000	-0.105		
	Accesibilidad a empleo terciario	0.000	-0.252	0.080	
	Nivel de ingreso	0.002	-0.074		
	Accesibilidad a empleo industrial	0.000	-0.090	0.032	
	Nivel de ingreso	0.000	-0.152		

Fuente: elaboración propia

Como se observa, los resultados de este estudio, a pesar de que las R^2 no fueron muy grandes (debido a que como se explicó antes los modelos planteados son modelos reducidos y no estructurales ya que no se cuenta con la información necesaria para la construcción de modelos estructurales), comprueban que la accesibilidad a los lugares de empleo, sobre todo en el caso del sector terciario, determina la longitud (y el tiempo) de los viajes al trabajo en transporte motorizado, especialmente dicha relación se cumple cuando los viajes se llevan a cabo en transporte público.

Por otra parte, se pudo comprobar solamente que el nivel de ingreso influye negativamente la longitud (y el tiempo) de los viajes al trabajo cuando se realizan dichos viajes en transporte público, es decir, los niveles de ingreso más bajos se relacionan con distancias de viaje más largas en transporte público (y con tiempos de viaje más largos). En el caso del transporte privado, la influencia del nivel de ingreso no se pudo probar pues de los modelos analizados con la distancia de viaje como variable dependiente, solamente uno de ellos presentó una significancia aceptable para la variable de nivel de ingreso (la cual mostró influencia positiva en las distancias, es decir, a mayor ingreso mayor distancia). Sin embargo, en los modelos analizados con la variable de tiempo como dependiente, las variables de ingreso fueron siempre significativas pero mostraron una influencia negativa. Lo anterior hace que no sea posible identificar un patrón de comportamiento de las variables de distancia y tiempo de viaje al ser influidas por el nivel de ingreso.

A pesar del sustento teórico en el que se basó el análisis, no fue posible probar empíricamente que el potencial de la demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso tiene influencia en la longitud de los viajes al trabajo en transporte privado motorizado. Los resultados muestran que, en el caso del transporte público, el nivel de ingresos sí influye tanto en la distancia como en el tiempo de viaje, pero aún así dicha influencia demostrada estadísticamente por los modelos no es muy alta en comparación a lo esperado con base en la teoría. Según la teoría revisada tiene mucho sentido que las personas de bajos ingresos recorran distancias más largas a sus empleos debido a la influencia del mercado de la vivienda (que los empuja a la periferia al no permitirles pagar el precio del suelo cercano a los recursos urbanos) lo que hace que se localicen lejos del empleo.

Las razones que permiten argumentar el por qué no se cumple la relación esperada para el nivel de ingreso con la distancia en transporte privado son, por una parte, el hecho de que no se contó con una variable de nivel de ingreso en la fuente de información empleada, es decir, no se contó con el dato directo de ingreso en la Encuesta O-D, sino que fue un dato indirecto atribuido desde una fuente externa. Ello se realizó así en este trabajo tratando de dar solución al problema heredado por la falta de información en la Encuesta O-D y, aunque se probaron diferentes metodologías para la construcción del indicador de ingreso, el camino seguido para ello pudo no haber sido el óptimo. Se recomienda que en futuras investigaciones se procuren fuentes de información que cuenten con datos directos sobre el nivel de ingreso o que, en su defecto, las fuentes proporcionen información detallada de las características socioeconómicas de las personas, ya que las contenidas en la Encuesta O-D representaron una limitación al no existir algunas de las variables “clave” que serían necesarias para conocer el nivel de ingresos de la población de una ciudad como Tijuana.

Es decir, por ejemplo la variable de cantidad de vehículos no es un reflejo real de la distribución de los ingresos en Tijuana debido a la dualidad del mercado de automóviles, pues en la ciudad se utilizan tanto vehículos nacionales (nuevos y usados) como vehículos importados que pueden bien estar registrados o no. La variable ideal debería incluir características de los vehículos como por ejemplo modelo (año), información sobre si se encuentra registrado o no y condiciones mecánicas. Asimismo, la variable de material de vivienda revela poco acerca de la distribución de los ingresos en la ciudad, pues debido al auge de los desarrollos de vivienda de interés social, muchas personas con ingresos bajos habitan viviendas con muros de block y piso de concreto, incluso una gran cantidad de viviendas en asentamientos irregulares posee muros de block sin terminar, mientras que una gran parte de las viviendas de personas con un nivel alto de ingresos se encuentra construída con madera.

Por otra parte, lo que en Tijuana sería el “Distrito Central de Negocios”, es decir, la franja que concentra las actividades terciarias, no corresponde de manera exacta a los mercados centrales de Von Thunen o de Christaller (que concentran toda la actividad económica) y, por lo tanto, la estructura urbana no puede funcionar como tal en cuanto a la

dinámica de los mercados de trabajo ya que la actividad manufacturera afecta la distribución de las actividades económicas y, al mismo tiempo, ofrece principalmente empleo a un segmento particular de la fuerza de trabajo existente en la ciudad (personas con un nivel de ingresos bajo). De manera que pudiese ser que la suburbanización del empleo en la ciudad, debida a la búsqueda de una buena accesibilidad al cruce fronterizo por parte del sector industrial (es decir, la actividad manufacturera tiende a localizarse en función de un eslabonamiento hacia proveedores y clientes no locales sino foráneos) estuviese acercando los destinos de trabajo para el sector de la población con niveles bajos de ingresos, por lo que la distancia y tiempo de viaje al trabajo no se encontrarían condicionados por el nivel de ingresos de la población.

A lo anterior se puede agregar que el hecho de que se tenga en la ciudad un mercado paralelo de autos usados muy baratos provoca que menos gente de bajos ingresos utilice el transporte público. Es decir, hay personas en Tijuana que son pobres y tienen automóvil, lo cual les permite utilizar vialidades diferentes a las utilizadas por el transporte público, de manera que su patrón de distancia y tiempo de viaje es muy diferente al de otras personas pobres también, pero que no poseen transporte privado. De tal manera, las distancias (y tiempos) de viaje al trabajo pueden tener menos relación con el ingreso.

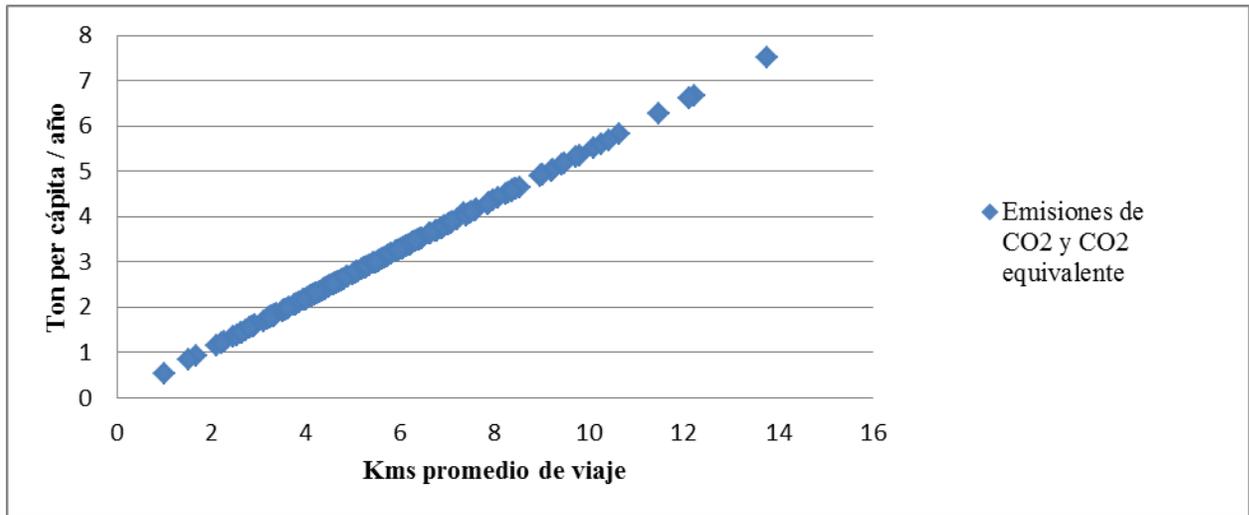
5.2 Relación entre movilidad urbana (distancia) y emisiones de GEI

El cálculo de la cantidad aproximada de emisiones de GEI generadas por los viajes en transporte motorizado desde cada zona de transporte de Tijuana se llevó a cabo a través del modelo, de emisiones descrito en el apartado 4.2.3 que, como se explicó, se conforma por 22 variables, de las cuales 13 (longitud de viajes, población, ocupación, demanda, índice de motorización, vehículos de energías limpias, factor de uso híbrido, vehículos híbridos, vehículos eléctricos, potencia de vehículos, edad de vehículos, condiciones mecánicas y factor de emisiones eléctricas) fueron alimentadas con datos adecuados para la ciudad de Tijuana durante los años 2003 y 2004, y 9 fueron calculadas automáticamente por el modelo al ser alimentado con los valores del primer grupo de variables.

El valor de la variable de “longitud de viajes” fue alimentado en el modelo para cada una de las zonas de transporte (con datos promedio obtenidos de la Encuesta O-D) y, a fin de hacer comparables los valores de las emisiones por zona de transporte (pues no todas las zonas de transporte son del mismo tamaño ni poseen la misma cantidad de habitantes), el modelo fue alimentado también, para cada zona de transporte, con la cantidad de población residente en dicha zona, lo que permitió a fin de cuentas obtener la cantidad de emisiones de GEI per cápita para cada zona de transporte, en función de su longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado. Las cantidades de emisiones de GEI que se presentan en los resultados están expresadas en toneladas de CO₂ equivalente, es decir, representan la cantidad de emisiones de CO₂ que sería necesaria para causar el mismo calentamiento global que las cantidades de las principales emisiones del transporte (óxido de nitrógeno: N₂O; metano: CH₄; dióxido de carbono: CO₂) calculadas por el modelo.

Los valores de las variables de ocupación, demanda, índice de motorización, vehículos de energías limpias, factor de uso híbrido, vehículos híbridos, vehículos eléctricos, potencia de vehículos, edad de vehículos, condiciones mecánicas y factor de emisiones eléctricas son promedios adecuados para la ciudad de Tijuana en los años 2003 y 2004, por lo que la cantidad de emisiones calculada para cada zona de transporte es un aproximado, pues las condiciones particulares de cada zona de transporte pueden modificar los valores de las 11 variables mencionadas (por ejemplo la demanda no es la misma en todas las zonas, o las condiciones mecánicas generales de los vehículos pueden variar de una zona a otra, dependiendo del nivel de ingresos de la población que ahí reside, etc.). La gráfica 5.1 muestra la relación entre la distancia promedio de viaje en transporte motorizado desde cada zona de transporte y la cantidad de emisiones de GEI per cápita en dicha zona de transporte.

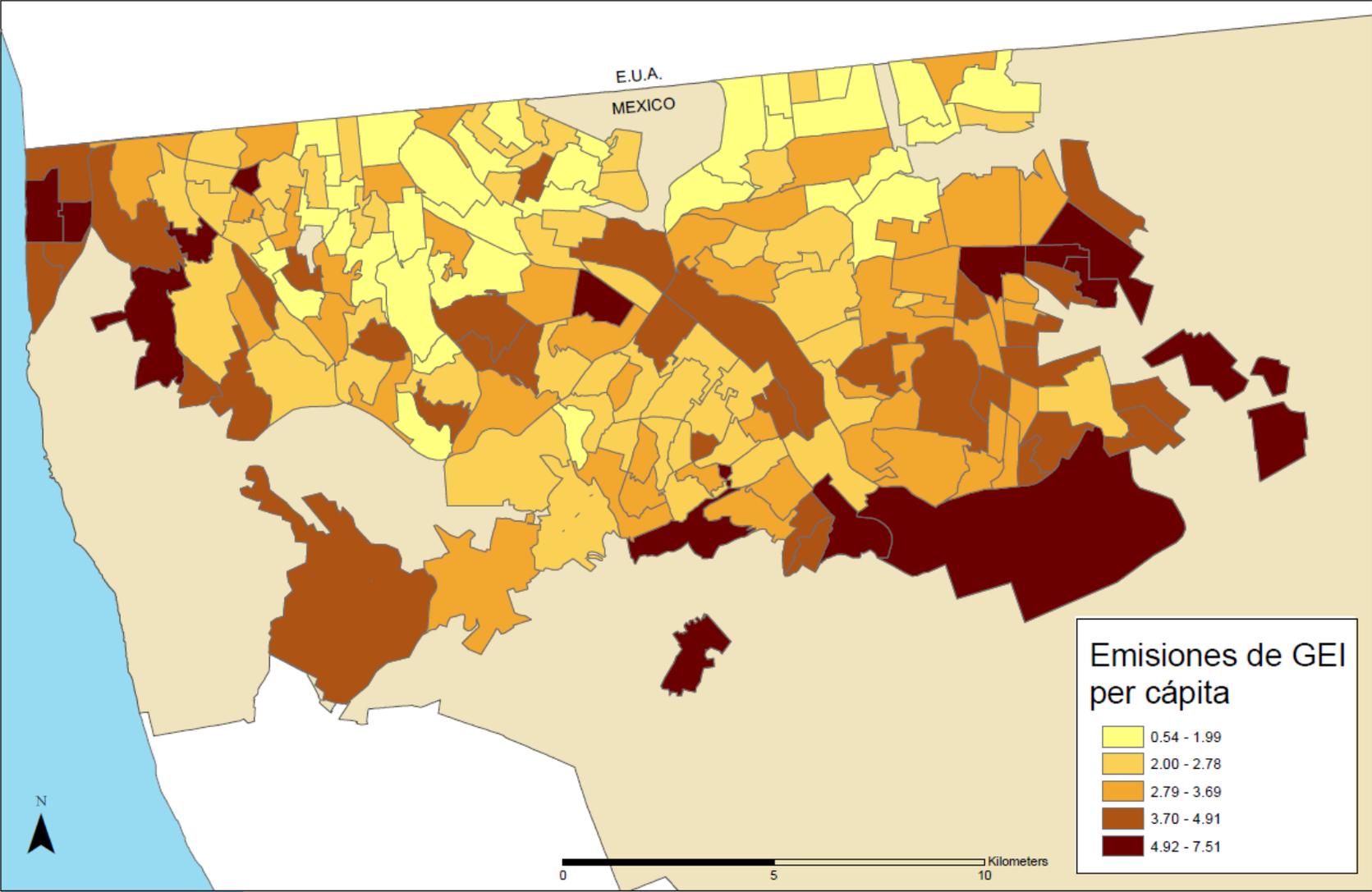
Gráfica 5.1 Emisiones de CO₂ equivalente del transporte motorizado en Tijuana (2003-2004)



Fuente: elaboración propia

Como se muestra, la cantidad de emisiones de GEI per cápita anual en Tijuana se relaciona positivamente con la distancia promedio de viaje en transporte motorizado desde cada zona de transporte de la ciudad. En el mapa 5.1 se observa las emisiones de GEI per cápita por zona de transporte de Tijuana, hace resaltar que la distribución de las zonas en las que se genera una mayor cantidad de emisiones por persona es en su mayoría alejada de las zonas que concentran el empleo (ver también mapa 1.3). Lo anterior prueba la hipótesis 1 de que al influir la accesibilidad al empleo en la distancia promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado también influye dicha accesibilidad en la cantidad de emisiones de GEI que se generan debido a la movilidad. Por otra parte, al ser probado el hecho de que, en el caso del transporte público, el nivel de ingresos de la población influye en la longitud de viaje, se puede inferir que el nivel de ingresos también influye la cantidad de emisiones de GEI generadas, específicamente puede decirse que las emisiones generadas por los viajes de las personas de bajos ingresos en transporte público incrementan las emisiones. Sin embargo, debido a que no pudo probarse la relación entre ingreso y distancia de viaje para el transporte privado, tampoco puede afirmarse que las emisiones que se generan por la movilidad al trabajo en transporte privado se relacionen con el ingreso. A pesar de ello, debido a que la población de ingresos bajos se concentra en las zonas periféricas de la ciudad, es posible deducir que la demanda de viajes de la población según su ingreso tiene una influencia en la cantidad de emisiones de GEI generada.

Mapa 5.1 Tijuana: emisiones de GEI per cápita en cada zona de transporte



Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

El principal propósito de este trabajo de investigación fue explorar la influencia de la forma urbana (distribución en el espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su nivel de ingreso) de Tijuana en los patrones de movilidad urbana, particularmente en la longitud promedio de los viajes al trabajo en transporte motorizado y, como consecuencia, en la generación de emisiones de GEI debido a dicha movilidad. Los resultados de los modelos de regresión que relacionan la forma urbana con la movilidad urbana mostraron que existe una influencia negativa de la accesibilidad al empleo en la longitud de los viajes al trabajo, tanto en transporte público como en transporte privado. Es decir, al incrementar la accesibilidad al empleo para los residentes de Tijuana, la longitud promedio de los viajes al trabajo disminuye, y ello se cumple más en el caso del empleo en el sector terciario que en el caso del empleo en el sector industrial, lo cual se debe probablemente a las diferencias que existen entre las distribuciones espaciales del empleo en ambos sectores pues, mientras que la mayoría de las densidades altas de empleo en el sector terciario tienen localizaciones centrales, el empleo en el sector industrial presenta mayores densidades en zonas dispersas. Esto es importante si se considera que casi 65 por ciento de la población ocupada en la ciudad trabaja en el sector terciario.

Los resultados también mostraron que el efecto negativo que tiene la distribución espacial del empleo en la ciudad de Tijuana en la longitud de los viajes al trabajo es mayor para la movilidad en transporte público que para la movilidad en transporte privado, lo que se presume se encuentra relacionado con las particularidades del sistema de transporte público de la ciudad, el cual es poco eficiente en comparación con el transporte privado debido a factores como la falta de coordinación para comunicar distintos puntos de la ciudad, el traslape de rutas en zonas de mayor demanda y la poca cobertura en zonas alejadas, la carencia de estaciones de transferencia debido a lo cual las distintas rutas de transporte no coinciden en puntos específicos, así como las paradas y tiempos de espera adicionales. Debe prestarse atención a dichas diferencias entre transporte público y privado en Tijuana debido a las dificultades tanto políticas como geográficas que hasta hoy existen en la ciudad para modernizar y mejorar el sistema de transporte público urbano y a que, como se mencionó

antes, el transporte público es utilizado por 60 por ciento de la población, en especial por quienes cuentan con menores ingresos.

Asimismo, los resultados de los modelos de regresión permitieron comprobar que el potencial de demanda de viajes de la población según su nivel de ingreso tiene una influencia en la longitud de los viajes al trabajo en transporte público, específicamente se probó que un ingreso bajo se relaciona con distancias de viaje más largas al trabajo. Sin embargo, no fue posible comprobar a través de los modelos de regresión empleados que dicha relación se cumpla para los viajes al trabajo realizados en transporte privado. A pesar de ello, los resultados de los modelos que relacionan la distancia de viaje con el nivel de ingreso no son determinantes debido a las limitaciones de las fuentes de información utilizadas en esta investigación, las cuales constituyeron un inconveniente para la creación de un indicador de nivel de ingreso adecuado ya que no se contó con el dato directo de ingreso no con variables adecuadas para su estimación, lo cual hizo necesario atribuir el ingreso a las personas desde una fuente externa.

Es conveniente la realización de estudios adicionales para la ciudad de Tijuana en los que se estudie la relación entre los patrones de movilidad urbana y variables socioeconómicas, como el nivel de ingreso y las características sociodemográficas de la población, pues investigaciones realizadas en otras ciudades han mostrado que dichos factores por lo común no solo se relacionan, sino que tienen un gran peso. Por otra parte, no está de más aclarar que Tijuana difiere en gran medida de otras ciudades debido a que por su localización fronteriza, la naturaleza de sus actividades económicas no es aquella en la que la oferta de bienes responde a la demanda local y, además, la demanda generada en Tijuana no se resuelve en la ciudad para el cien por ciento de la población, sino que en especial el sector de la población de ingresos económicos altos suele consumir bienes y servicios centrales del otro lado de la frontera.

El modelo de emisiones de GEI utilizado en este trabajo fue una herramienta eficaz para demostrar la relación directa que existe entre el aumento de las longitudes de viaje promedio en la ciudad y el incremento en la cantidad de emisiones generada por el transporte

urbano. Conocer las zonas de la ciudad que presentan una cantidad de emisiones per cápita más elevada como consecuencia de la movilidad de sus habitantes al trabajo permite comparar, desde un enfoque geográfico, la localización de estas zonas con la localización de las zonas de la ciudad más densamente pobladas, y así identificar áreas posiblemente problemáticas en cuanto a la generación de emisiones de GEI, como lo es en este caso el sureste de la ciudad de Tijuana. Es aquí que cabe destacar que aunque la distribución en espacio urbano de la densidad de empleo y de la población según su ingreso no son la únicas condicionantes de la longitud promedio de viaje, (pues como bien se expuso en el apartado teórico, la relación entre la forma urbana y el transporte es multidimensional y difícil de desarticular, además de que se ve influida por muchos factores externos a la forma urbana), a través de la realización de modificaciones en la forma urbana de Tijuana, en específico en la distribución espacial de la densidad de empleo y de la población de ingresos bajos, es viable incidir en la disminución de las emisiones de GEI generadas por el transporte urbano en la ciudad, si se incentivan formas urbanas que acerquen el empleo a la población de bajos ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

Alcântara, Eduardo, 2010, *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*, Bogotá, Corporación Andina de Fomento.

Alegría, Tito, 1994, “Segregación socioespacial urbana. El ejemplo de Tijuana”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 9, núm. 2, pp. 411-437.

Alegría, Tito, 2004, “Estructura urbana y segregación social: el caso de Tijuana”, en Roberto García, comp., *Contradicciones entre planeación y realidades regionales, metropolitanas y socioambientales*, Tijuana y México, El Colef/ UANL, pp. 146-182.

Alegría, Tito, 2006, “Urban structure and social segregation in Tijuana”, en Jane Clough-Riquelme y Nora Bringas, ed., *Equity and sustainable development, reflections from the U.S.-Mexico border*, San Diego, Center for U.S.-Mexican Studies, Universidad de California en San Diego, pp. 97-123.

Alegría, Tito, 2008, “Interpretación del nuevo patrón de crecimiento urbano y del rol de la planeación en las ciudades de México”, *Investigaciones en ciudad y arquitectura*, Lima, Instituto de Investigación FAUA, Universidad Nacional de Ingeniería, vol. 1, núm. 1.

Alegría, Tito, 2009, *Metrópolis transfronteriza. Revisión de la hipótesis y evidencias de Tijuana, México y San Diego, Estados Unidos*, Tijuana y México, El Colef/Miguel Ángel Porrúa.

Alegría, Tito, 2010, “Estructura de las ciudades de la Frontera Norte”, en Gustavo Garza y Martha Schteingart, coords., *Los grandes problemas de México Volumen II: Desarrollo Urbano y Regional*, México, El Colegio de México, pp. 259-304.

Alegría, Tito y Gerardo Ordóñez, 2005, *Legalizando la ciudad: asentamientos informales y procesos de regularización en Tijuana*, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte.

Alonso, William, 1960, “A theory of the urban land market”, *Paper and Proceedings of the Regional Science Association*, vol. 6, pp. 154-159.

Alonso, William, 1964, *Location and land use: toward a general theory of land use rent*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Aragón Domínguez, María E. [tesis de maestría], 2008, “Salarios, precios del suelo y del transporte en 2000, para Tijuana: una prueba empírica de los postulados teóricos de los modelos monocéntrico y policéntrico de los usos del suelo urbano”, Tijuana, El Colef, MDR, s.p.i.

Ascher, F., 2004, *Los nuevos principios del urbanismo: el fin de las ciudades no está a la orden del día*, Madrid, Alianza Editorial.

Ávila Martínez, José Luis, 2006, *La era neoliberal*, México, Universidad Nacional Autónoma de México/Editorial Océano de México, S.A. de C.V.

Balchin, Paul; David Isaac y Jean Chen, 2000, *Urban Economics*, Nueva York, PALGRAVE.

Basu, Avik, 2005, “Smart growth towards economic performance”, *Urban and Regional Planning Economic Development Handbook*, publicado el 19 de Abril de 2005, en <<http://www.umich.edu/~econdev/smartgrowth/>>

Berry, Brian J. L., 1959, “The spatial organization of business land uses”, en Garrison, W. *et al.*, eds., *Studies of highway development and geographic change*, Seattle, University of Washington Press, pp. 62.

Berry, Brian y William Garrison, 1968, “Últimos desarrollos de la teoría del central place”, en Secchi, B., recop., *Análisis de las estructuras territoriales*, España, G. Gili.

Berry, B. y Han-Min Kim, 1993, “Challenges of the monocentric model”, *Geographical Analysis*, vol. 25, núm. 1, pp. 1-4.

Bourdieu, P., 1997, *Outline of a theory of practice*, Cambridge, Cambridge University Press.

Borja, Jordi y Zaida Muxi, 2003, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, Barcelona, Electa.

Bourne, Larry, 1982, “Urban spatial structure: an introductory essay on concepts and criteria”, en Bourne, L., ed., *Internal structure of the city*, Nueva York, Oxford University Press.

Carabias, Julia *et al.*, 2009, *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*, México, Pearson Educación.

Cervero, Robert, 1988, “Land use mixing and suburban mobility”, *Transportation Quarterly*, vol. 42, núm. 3, pp. 429-446.

Cervero, Robert, 1996, “Mixed land uses and commuting: evidence from the American housing survey”, *Transportation Research A*, vol. 30, núm. 5, pp. 361-377.

Cervero, Robert, 2000, “Informal transport in the developing world”, *UN Habitat*, Nairobi, Kenya, en <<http://www.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=1534&alt=1>>

Cervero, Robert, 2013, “Linking urban transport and land use in developing countries”, *The Journal of Transport and Land Use*, vol. 6, núm. 1, pp. 7-24.

Cervero, Robert y Michael Duncan, 2006, “Which reduces vehicle travel more: jobs-housing balance or retail-housing mixing?”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 72, núm. 4, pp. 475-490.

Cervero, Robert y Kara Kockelman, 1997, “Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design”, *Transportation Research Part D: transport and environment*, vol. 2, núm. 3, pp. 199-219.

Cervero, Robert y K. L. Wu, 1998, "Subcentering and commuting: evidence from the San Francisco Bay area", *Urban Studies*, vol. 35, núm. 7, pp. 1059-1076.

Christaller, Walter, 1966, *Central places in Southern Germany*, traducción de C. W. Baskin, Nueva Jersey, Prentice Hall.

Crane, R., 1996, "Cars and drivers in the new suburbs: linking access to travel in neotraditional planning", *Journal of the American Planning Association*, vol. 62, núm. 1, pp. 51-65.

Crane, R., 1996b, "On form versus function: will the New Urbanism reduce traffic or increase it?", *Journal of Planning Education and Research*, 15, pp. 117-126.

Crane, Randall, 2000, "The influence of urban form on travel: an interpretative view", *Journal of Planning Literature*, vol. 15, núm. 3, pp. 3-23.

Crane, R., y D. Chatman, 2003, "As job sprawl, wither the commute?", *Access*, 23, pp. 14-19.

Dieleman, F.; M. Dijst y G. Burghouwt, 2000, "Urban form and travel behavior: micro-level household attributes and residential context", *Urban Studies*, vol. 39, núm. 3, pp. 507-527.

Dunn, J., 1998, *Driving forces: the automobile, its enemies, and the politics of mobility*, Washington D.C., Brookings Institution Press.

Durand, Jorge, 2007, "El programa bracero (1942-1964). Un balance crítico", *Migración y Desarrollo*, Zacatecas, Red Nacional de Migración y Desarrollo, Latinoamericanistas, núm. 9, segundo semestre, pp. 27-43.

Eaton, Curtis y Richard Lipsey, 1982, "An economic theory of central place", *The Economic Journal*, vol. 92, núm. 365.

Ferrel, C., 2004, "Home-based teleshoppers and shipping travel: do teleshoppers travel less?", *Transportation Research Record*, 1894, pp. 241-248.

Frank, L. y C. Pivo, 1995, "Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit and walking", *Transportation Research Record*, 1466, pp. 44-52.

Fuentes, César y Vladimir Hernández, 2008, "La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004)", *Frontera Norte*, vol. 21, núm. 42, pp. 109-138.

Galindo, Moisés *et al.*, 2013, "Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California: Sector transporte", Mexicali, Instituto de Ingeniería, Unidad de Investigación en Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable, UABC.

Galindo, Moisés, María Santos y José Benites, 2012, “Transporte”, en PEACC-BC, Diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático para el estado de B.C., SPA Baja California, INE-SEMARNAT.

Garza Villarreal, Gustavo, 2002, “Evolución de las ciudades mexicanas en el siglo XX”, *Notas. Revista de información y análisis*, núm. 19.

Giuliano, Genevive y Kenneth Small, 1991, “Subcenters in Los Angeles región”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 21, núm. 2.

Gobierno del Estado de Baja California et al., 2000, “Programa para mejorar la calidad del aire en Tijuana-Rosarito”, México.

Gordon, Peter y Harry Richardson, 1996, “Beyond polycentricity: the dispersed metropolis, Los Angeles, 1970-1990”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 62, núm. 3

Gordon, P., H. Richardson y M. Jun, 1991, “The commuting paradox: evidence from the top twenty”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 57.

Graizbord, Boris, 2008, *Geografía del transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México*, México, El Colegio de México.

Graizbord, Boris, 2011, “Sostenibilidad urbana: ¿frase vacía o estrategia de desarrollo urbano?”, en Graizbord, Boris y Fernando Monteiro, eds., *Megaciudades y cambio climático, ciudades sostenibles en un mundo cambiante*, México, El Colegio de México, pp. 27-45.

Giuliano, G., y K. Small, 1993, “Is the journey to work explained by urban spatial structure?”, *Urban Studies*, vol. 30, núm. 9, pp. 1485-1500.

Haig, Robert M., 1926, “Toward an understanding of the metropolis”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 40, núm. 3, pp. 402-434.

Handy, S., 1993, “Regional versus local accessibility: implications for nonwork travel”, *Transportation Research Record*, 1400, pp. 58-66.

Harris, Chauncy, 1997, “The nature of cities and urban geography in the last half century”, *Urban Geography*, vol. 18, núm. 1, pp. 15-35.

Hernández Hernández, Vladimir [tesis de maestría], 2006, “La influencia de la estructura urbana en la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, B.C. (2003-2004)”, Tijuana, El Colef, MDR, s.p.i.

Hirsch, Werner Z., 1977, *Análisis de economía urbana*, Madrid, McGraw-Hill Book Company.

Hurd, Richard M., 1924, *Principles of city land values*, Nueva York, The Record and Guide.

Implan (Instituto Metropolitano de Planeación de Tijuana), 2005, *Programa parcial de mejoramiento para la Zona Centro de Tijuana 2004-2025*, publicado el 22 de Abril de

2005 en el Periódico Oficial núm. 19, en <<http://www.implantijuana.org/planes-y-programas/ppm-zc-2004-2025/>>

Implan (Instituto Metropolitano de Planeación de Tijuana), 2010, *Programa de desarrollo urbano del centro de población 2010-2030*, publicado el 3 de Septiembre de 2010 en el Periódico Oficial núm. 38, en <<http://www.implantijuana.org/planes-y-programas/pduct-2010-2030/>>

Infonavit [reporte técnico], 2011, “Plan financiero, 2011-2015”, México Infonavit.

Kasturi, T.; X. Sun y C. Wilmot, 1998, “Household travel, household characteristics, and land use: an empirical study from the 1994 Portland activity-based travel survey”, *Transportation Research Record*, 1617, pp. 10-17.

Knox, P., 1991, “The restless urban landscape: economic and sociocultural change and the transformation of metropolitan Washington, D.C.”, *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 8, núm. 2, pp. 181-209.

Krizek, K., 2003, “Residential relocation and changes in urban travel: does neighborhood-scale urban form matter?”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 69, núm. 3, pp. 265-281.

Kulkarni, Anup Arvind [tesis de maestría], 1996, “The influence of land use and network structure on travel behavior”, Irvine, University of California, Department of Civil and Environmental Engineering, s.p.i.

Leidenberg, G., 2000, “Nature and the public: urban ecology and the politics of transportation in progressive - Era Chicago”, *Revista de Urbanismo*, núm. 3.

Levine, J., 1992, “Decentralization of jobs and emerging suburban commute”, *Transportation Research Record*, 1364, pp. 71-80.

Levine, J., 1998, “Rethinking accessibility and jobs-housing balance”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 64, núm. 2, pp. 133-149.

Ley García, Judith, 2006, “Movilidad urbana y transporte público. El arreglo urbano en Tijuana”, *Revista Universitaria de la UABC*, núm. 53, pp. 8-13.

Maldonado González, María del Socorro [tesis de maestría], 2006, “Calidad del espacio público urbano y su relación con la movilidad en la ciudad de Tijuana”, Tijuana, El Colef, MDR, s.p.i.

Marmolejo, Carlos [tesis de doctorado], 2004, “Hacia una interpretación de la teoría de la localización de oficina en el territorio post industrial: el caso de Barcelona”, España, Universidad Politécnica de Cataluña, s.p.i.

Martínez, Hilda, 2011, “Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas”, México, Centro de Transporte Sustentable de México/INE

Mac Donald, J., 2003, "Pobreza y ciudad en América Latina y el Caribe", en Jordán, R. y D. Simioni, eds., *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, Naciones Unidas, pp. 93-145.

McDonald, John F., 1987, "The identification of urban employment subcenters", *Journal of Urban Economics*, vol. 21, núm. 2.

McMillen, Daniel, 2001a, "Nonparametric employment subcenter identification", *Journal of Urban Economics*, vol. 50, núm. 3.

McMillen, Daniel, 2001b, "Polycentric urban structure: the case of Milwaukee", *Economic Perspectives*, second quarter, pp. 15-27.

Miller, E. y A. Ibrahim, 1998, "Urban form and vehicular travel: some empirical findings", *Transportation Research Record*, 1617, pp. 18-27.

Muñoz, Gabriela y Lilia Vázquez, 2012, *Inventario de gases efecto invernadero del estado de Baja California*, El Colef y SPA Baja California

Muth, Richard, 1969, *Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land*, Chicago, University of Chicago Press.

O'Sullivan, Arthur, 2009, *Urban Economics*, Nueva York, McGraw-Hill.

Parr, J., 1986, "Economic flows in Lösch's modified urban system", en Funck, R. y A. Kuklinski, eds., *A tribute to August Lösch*, Karlsruhe, Von Loeper Verlag.

Parr, J., 1987, "Interaction in an urban system: aspects of trade and commuting", *Economic Geography*, vol. 63, núm. 3, pp. 223-240.

PEACC-BC (Programa estatal de acción ante el cambio climático de Baja California), 2012, SPA Baja California, INE-SEMARNAT.

PDUE (Programa de desarrollo urbano del centro de población de Tijuana), 1993, Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología, Tijuana, Gobierno Municipal.

Peng, Z. R., 1997, "The jobs-housing balance and urban commuting", *Urban Studies*, vol. 34, núm. 9, pp. 1215-1235.

Piñera, David, 2006, *Tijuana en la historia: del escenario natural a los inicios del siglo XX*, Tijuana, Instituto Tijuana Renacimiento, A.C.

Quintana, Penelope *et al.* [reporte de conferencia], 2012, "Libro blanco: impactos en la salud de los cruces fronterizos en México-Estados Unidos puertos de entrada: deficiencias, necesidades y recomendaciones para acciones", San Ysidro, Consorcio del Suroeste para la Investigación y Política Ambiental (SCERP), 3 y 4 de mayo.

Ranfla González, Arturo y Guillermo Álvarez de la Torre, 1986, "Expansión física, formas urbanas y migración en el desarrollo urbano de Tijuana 1900-1984", *Ciencias Sociales*, Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California, Serie 3, Cuaderno núm. 2.

- Ratcliff, Richard V., 1949, *Urban land economics*, Nueva York, McGraw-Hill.
- Richardson, Harry, 1971, *Urban Economics*, Inglaterra, Penguin.
- Richardson, Harry, 1972, *Regional Economics: Location theory, urban structure and regional change*, Londres, Weidenfeld/Nicolson.
- Richardson, Harry, 1977, *The new urban economics: and alternatives*, Londres, Pion.
- Rodrigue, Jean-Paul, 2013, *The geography of transport systems*, 3^a ed., Nueva York, Routledge.
- Rodriguez-Bachiller, Agustin, 1986, “Discontiguous urban growth and the new urban economics: a review”, *Urban Studies*, vol. 23, núm. 2, pp. 79-104.
- Romo, Lourdes [tesis de maestría], 1996, “Riesgos naturales y vulnerabilidad social en la zona urbana de Tijuana, B.C.”, Tijuana y Ensenada, El Colef y CICESE, MAIA, s.p.i.
- Silsbe, Erin y Tiyok Prasetyoadi, 2011, “Transporte y movilidad urbana”, en Graizbord, Boris y Fernando Monteiro, eds., *Megaciudades y cambio climático, ciudades sostenibles en un mundo cambiante*, México, El Colegio de México, pp. 67-85.
- Sinclair, R., 1967, “Von Thunen and Urban Sprawl”, *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 57, núm. 1, pp. 72-87.
- Suzuki, H.; R. Cervero y K. Iuchi [reporte técnico], 2013, “Transforming cities with transit: transit and land-use integration for sustainable urban development”, Washington, DC., The World Bank.
- TSTES (The Sustainable Transport and Emissions Services Company), 2008, “Informe final del estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas de la frontera norte, Fase I: Tijuana y Mexicali”, México
- West, Douglas; Balder Von Hohenbalken y Keneth Kroner, 1985, “Tests of intraurban central place theories”, *The Economic Journal*, vol. 95, núm. 377.
- White, Michelle, “Urban areas with decentralized employment: theory and empirical work”, en Mills, E. y P. Cheshire, eds., *Handbook of Regional and Urban Economics Vol. 3*, Nueva York, North-Holland/Elsevier Science B. V.
- Wingo, Lowdon, *Transportation and urban land*, Baltimore, Resources for the Future, Inc./John Hopkins Press.
- Zhang, Ming, 2004, “The role of land use in travel mode choice: evidence from Boston and Hong Kong”, *Journal of the American Planning Association*, vol 70, núm. 3, pp. 344-360.
- Zhang, Lei *et al.*, 2012, “How build environment affects travel behavior: a comparative analysis of the connections between land use and vehicle miles traveled in US cities”, *The Journnal of Transport and Land Use*, vol. 5, núm. 3, pp. 40-52.

ANEXOS

Anexo 1: Indicador de nivel de ingreso

Propuesta 1

La primera propuesta para la construcción del indicador de ingreso fue utilizar una regresión en la que el nivel de ingreso fuera la variable dependiente y, (con base en la información obtenida en la Encuesta O-D sobre los miembros de cada hogar encuestado, sobre los medios de transporte propios de los residentes y sobre la información general de la vivienda), las variables independientes fueran la edad, el sexo (género), y la escolaridad de las personas, así como el material de la vivienda que habitan y si cuentan o no con un vehículo en el hogar.

Para probar si dichas variables podían emplearse para explicar el ingreso, se realizó una prueba de la regresión planteada utilizando datos de la Encuesta del Censo de Población y Vivienda del año 2000, la cual contiene como variable el ingreso por persona. Si las variables propuestas para explicar el ingreso (las cuales se encuentran tanto en la Encuesta O-D como en la encuesta del Censo 2000) no lograban explicar al menos un 50% del ingreso, se utilizaría el método de análisis de componentes principales para construir un indicador de jerarquía social en lugar de la regresión.

Como ya se especificó, las pruebas de regresión se llevaron a cabo con información de la encuesta del Censo 2000, la cual se encuentra conformada por tres tablas: 1) Vivienda y hogares; 2) Características de las personas; 3) Migración internacional. Las tablas que contienen las variables utilizadas en las pruebas (ingreso, edad, sexo, escolaridad, tipo de vivienda, material de la vivienda y vehículos) son la tabla 1 y la tabla 2, por lo que dichas tablas se vincularon y después se llevó a cabo la recodificación a fin de organizarlas de manera similar a las variables de la Encuesta O-D. El criterio empleado para asignar códigos a las variables fue que el valor numérico más bajo del código correspondía a la categoría de la variable para la que se tenía un valor esperado más bajo de ingreso, mientras que el valor

numérico más alto del código correspondía a la categoría de la variable para la que se tenía un valor esperado más alto de ingreso.

En primer lugar se realizó una exploración para identificar las variables socioeconómicas que se encontraran tanto en la Encuesta O-D (fuente de información para esta investigación) como en la Encuesta del Censo 2000, y que pudieran relacionarse con el ingreso. Las variables encontradas en ambas encuestas que podían relacionarse con el ingreso (el ingreso es una variable presente solo en la Encuesta del Censo 2000) son las siguientes:

Cuadro A: Variables comunes en Encuesta O-D y Encuesta del Censo 2000

Unidad de análisis	Encuesta O-D			Encuesta Censo 2000		
	Variable	Código		Variable	Código (original)	
Persona	Ingreso	No se encuentra		INGRESOS	000000-999998	ingreso en pesos
					999999	no especificado
	Edad	0-422	edad en años	EDAD	000-130	edad en años
					999	no especificado
	Sexo	M	masculino	SEXO	1	hombre
		F	femenino		2	mujer
	Nivel de escolaridad	1	sin instrucción	NIVACAD	0	ninguno
		2	primaria		1	preescolar
		3	secundaria		2	primaria
		4	preparatoria		3	secundaria
		5	profesional		4	preparatoria
					5	normal
					6	carrera técnica
					7	profesional
		8	maestría o doctorado			
		9	no especificado			

Fuente: elaboración propia

Cuadro A: Variables comunes en Encuesta O-D y Encuesta del Censo 2000
(Continuación)

Vivienda	Tipo	1	casa sola	CLAVIV	1	casa independiente
		2	casa adosada		2	departamento en edificio
		3	departamento en edificio		3	vivienda o cuarto en vecindad
		4	casa de vecindad		4	vivienda o cuarto en la azotea
					5	local no construido para habitación
					6	vivienda móvil
					7	refugio
					9	no especificado
		Material	1		ladrillo	PAREDES
	2		block	2	lámina de cartón	
	3		madera	3	lámina de asbesto o metálica	
	4		concreto	4	carrizo, bambú o palma	
	5		cartón	5	embarro o bajareque	
	6		otros, especificar	6	madera	
				7	adobe	
				8	tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	
				9	no especificado	
	Vehículos	0-23	cantidad	AUTOPROP	1	si tienen
					2	no tienen
					9	no especificado

Fuente: elaboración propia

Una vez identificadas las variables que tenían la posibilidad de relacionarse con el ingreso, se verificó que las variables de ambas encuestas pudieran ser homogenizadas, es decir, que existiera la posibilidad de asignar a las variables “similares” una codificación equivalente. El cuadro B muestra la re-codificación aplicada a las variables para hacerlas parecidas.

Cuadro B: Re-codificación de variables de Encuesta O-D y de Encuesta del Censo 2000

Unidad de análisis	Encuesta O-D					Encuesta Censo 2000						
	Variable	Código (original)		Recodificación		Variable	Código (original)		Recodificación			
Persona	Ingreso	No se encuentra					INGRESOS	000000-999998	ingreso en pesos	1	1-1137	
								999999	no especificado	2	1138-2274	
										3	2275-3411	
										4	3412-5685	
										5	5686-999998	
	Edad	0-4	edad en años	0-130	edad en años	EDAD	000-130	edad en años	000-130	edad en años		
		2-2					999	no especificado				
	Sexo	M	masculino	0	femenino	SEXO	1	hombre	0	mujer		
		F	femenino	1	masculino		2	mujer	1	hombre		
	Nivel de escolaridad	1	sin instrucción	ninguno o preescolar	0	no	NIVACAD	0	ninguno	ninguno o preescolar	0	no
					1	sí					1	sí
		2	primaria	primaria	0	no		1	preescolar	primaria	0	no
					1	sí					1	sí
		3	secundaria	secundaria	0	no		2	primaria	secundaria	0	no
					1	sí					1	sí
		4	preparatoria	preparatoria, normal o carrera técnica	0	no		3	secundaria	preparatoria, normal o carrera técnica	0	no
					1	sí					1	sí
		5	profesional	profesional, maestría o doctorado	0	no		4	preparatoria	profesional, maestría o doctorado	0	no
					1	sí					1	sí
								5	normal			
						6		carrera técnica				
						7		profesional				
					8	maestría o doctorado						
					9	no especificado						

Fuente: elaboración propia

Cuadro B: Re-codificación de variables de Encuesta O-D y de Encuesta del Censo 2000

(Continuación)

Vivienda	Tipo	1	casa sola	casa de vecindad	0	no	CLAVIV	1	casa independiente	casa de vecindad	0	no			
					1	sí						1	sí		
		2	casa adosada	casa adosada o departamento en edificio	0	no		PAREDES	2	departamento en edificio	casa adosada o departamento en edificio	0	no		
					1	sí							1	sí	
		3	departamento en edificio	casa sola	0	no			AUTOPROP	3	vivienda o cuarto en vecindad	casa sola	0	no	
					1	sí								1	sí
		4	casa de vecindad							4	vivienda o cuarto en la azotea				
										5	local no construido para habitación				
										6	vivienda móvil				
						7	refugio								
						9	no especificado								
						1	material de deshecho	cartón		0	no				
										1	sí				
						2	lámina de cartón	madera	0	no					
									1	sí					
						3	lámina de asbesto o metálica	ladrillo, block o concreto	0	no					
									1	sí					
						4	carrizo, bambú o palma								
						5	embarro o bajareque								
						6	madera								
						7	adobe								
						8	tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto								
						9	no especificado								
	Vehículos	0-23	cantidad	0	no tienen	AUTOPROP	1	sí tienen	0	no tienen					
1				si tienen	2		no tienen	1	si tienen						
					9		no especificado								

Fuente: elaboración propia

Una vez re-codificadas las variables de la Encuesta del Censo 2000, los nombres de las variables y sus códigos quedaron como se muestra en el cuadro C. Las variables de nivel de escolaridad (NIVACAD), tipo de vivienda (CLAVIV) y material de vivienda (PAREDES) fueron convertidas en variables dicotómicas, creando una nueva variable por cada clasificación debido a que dichas variables son variables cualitativas, es decir, no son variables continuas. Después, se corrió una correlación entre las variables a fin de comprobar si el ingreso se relacionaba con las variables propuestas para el análisis de regresión (ver cuadro D).

Cuadro C: Variables de la Encuesta del Censo 2000 re-codificadas

Unidad de análisis	Encuesta Censo 2000			
	Variable	Variable re-codificada	Código asignado	
Persona	INGRESOS	ingresos_recodificada	1	1-1137
			2	1138-2274
			3	2275-3411
			4	3412-5685
			5	5686-999998
	EDAD	edad	000-130	edad en años
	SEXO	sexo_recodificada	0	mujer
			1	hombre
	NIVACAD	ninguno o preescolar	0	no
			1	sí
		primaria	0	no
			1	sí
		secundaria	0	no
			1	sí
		preparatoria, normal o carrera técnica	0	no
			1	sí
	profesional, maestría o doctorado	0	no	
1		sí		
Vivienda	CLAVIV	vivienda o cuarto en vecindad o en la azotea	0	no
			1	sí
		departamento en edificio	0	no
			1	sí
	PAREDES	casa independiente	0	no
			1	sí
		material de deshecho, lámina de cartón, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma	0	no
			1	sí
	embarro o bajareque, madera, adobe	0	no	
		1	sí	
	tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	0	no	
		1	sí	
	AUTOPROP	vehiculos_recodificada	0	no tienen
			1	si tienen

Fuente: elaboración propia

Cuadro D: Correlaciones entre ingreso y variables socioeconómicas

VARIABLES	ingresos_recodificada	edad	sexo_recodificada	vehiculos_recodificada	ninguno	primaria	secundaria	preparatoria	profesional	vecindad	departamento	casa	carton	madera	cemento
ingresos_recodificada	1	.168	.209	.283	-.088	-.232	-.083	.119	.331	-.059	.072	-.011	-.012	-.205	.206
edad	.168	1	.069	.103	.169	.145	-.189	-.093	.074	-.069	-.021	.060	0.002	-.064	.069
sexo_recodificada	.209	.069	1	.015	.004	.026	.010	-.027	-.019	0.001	-.027	.015	.013	.033	-.036
vehiculos_recodificada	.283	.103	.015	1	-.068	-.156	-.066	.107	.213	-.200	.024	.126	-.031	-.207	.214
ninguno	-.088	.169	.004	-.068	1	-.125	-.122	-.098	-.075	-.007	-.039	.029	0.001	.043	-.041
primaria	-.232	.145	.026	-.156	-.125	1	-.434	-.347	-.267	.023	-.091	.042	.014	.166	-.167
secundaria	-.083	-.189	.010	-.066	-.122	-.434	1	-.338	-.260	.030	-.018	-.008	.012	.058	-.062
preparatoria	.119	-.093	-.027	.107	-.098	-.347	-.338	1	-.208	-.004	.080	-.045	-.019	-.106	.109
profesional	.331	.074	-.019	.213	-.075	-.267	-.260	-.208	1	-.065	.071	-.008	-.018	-.202	.204
vecindad	-.059	-.069	0.001	-.200	-.007	.023	.030	-.004	-.065	1	-.092	-.554	.005	.017	-.015
departamento	.072	-.021	-.027	.024	-.039	-.091	-.018	.080	.071	-.092	1	-.616	-.026	-.189	.189
casa	-.011	.060	.015	.126	.029	.042	-.008	-.045	-.008	-.554	-.616	1	-.040	.118	-.106
carton	-.012	-0.002	.013	-.031	0.001	.014	.012	-.019	-.018	.005	-.026	-.040	1	-.092	-.147
madera	-.205	-.064	.033	-.207	.043	.166	.058	-.106	-.202	.017	-.189	.118	-.092	1	-.956
cemento	.206	.069	-.036	.214	-.041	-.167	-.062	.109	.204	-.015	.189	-.106	-.147	-.956	1

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse, todas las variables que corresponden a clasificaciones de la variable CLAVIV, las cuales especifican el tipo de vivienda (variables: vecindad, departamento y casa), muestran una correlación muy baja con el ingreso, por lo que dichas variables no se incluyeron en el análisis de regresión. La prueba de regresión en la que se incluyó la variable de ingreso como variable dependiente y, como variables independientes, las re-codificaciones de las variables de edad, sexo, nivel de escolaridad, material de vivienda y vehículos en la vivienda, tuvo los siguientes resultados:

Cuadro E: Resultados de regresión lineal para nivel de ingreso

Número de casos: 26,663 R²= 0.267 R² ajustada= 0.267
 Error estándar de estimación: 0.960

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	2.491	.031		81.112	0.000
edad	0.015	0.000	.158	117.151	0.000
sexo_recodificada	0.506	0.003	.211	165.267	0.000
vehiculos_recodificada	0.360	0.003	.153	113.838	0.000
ninguno	-0.437	0.018	-.066	-24.620	0.000
primaria	-0.169	0.016	-.070	-10.665	0.000
secundaria	0.136	0.016	.056	8.565	0.000
preparatoria	0.454	0.016	.166	28.419	0.000
profesional	0.985	0.016	.300	60.808	0.000
carton	-0.131	0.029	-.014	-4.555	0.000
madera	-0.266	0.026	-.115	-10.202	0.000
cemento	-0.080	0.026	-.035	-3.065	0.002

Variable dependiente: ingresos_recodificada

Fuente: elaboración propia

Debido a que una R² de 26.7% es muy baja para hacer una predicción, se realizó una exploración de la variable edad, la cual es la única variable en el modelo que no es dicotómica, para identificar el modelo de regresión más adecuado para ella. Los resultados de dicha exploración mostraron que la ecuación polinomial ($y = ax^2 + bx + c$) era la mejor para el comportamiento de la variable edad, por lo que se agregó a la base de datos de la Encuesta del Censo 2000 una columna adicional para dicha variable, en la cual se calculó el valor de la variable al cuadrado (x^2). A continuación, a fin de ver si aumentaba la R², se corrió

nuevamente una regresión lineal multivariada con la variable de ingreso como variable dependiente y con ambas variables de edad (valores de x y de x^2) así como las variables de sexo, vehículos, escolaridad (ninguno, primaria, secundaria, preparatoria, profesional) y material de vivienda (carton, madera, cemento) como variables independientes. La ecuación de regresión multivariada es como sigue y sus resultados se muestran en el cuadro F:

$$Y = X1 + X1^2 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11$$

Donde:

Y es el ingreso (ingreso_recodificada); X1 es la edad (edad); X2 es el sexo (sexo_recodificada), X3 son los vehículos en la vivienda (vehiculos_recodificada); X4 es un ninguno en escolaridad; X5 es primaria en escolaridad, X6 es secundaria en escolaridad; X7 es preparatoria en escolaridad; X8 es profesional en escolaridad; X9 es carton en material de vivienda; X10 es madera en material de vivienda; X11 es cemento en material de vivienda.

Cuadro F: Resultados de regresión no lineal para nivel de ingreso

Número de casos: 26,663 R²= 0.316 R² ajustada= 0.315
 Error estándar de estimación: 0.929

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	1.233	.135		9.134	0.000
edad	0.095	0.002	.996	39.641	0.000
X2_edad	-0.001	0.000	-.858	-34.223	0.000
sexo_recodificada	0.496	0.013	.207	39.248	0.000
vehiculos_recodifocada	0.352	0.013	.149	26.497	0.000
ninguno	-0.415	0.074	-.062	-5.585	0.000
primaria	-0.222	0.066	-.091	-3.350	0.001
secundaria	0.081	0.066	.033	1.217	0.224
preparatoria	0.386	0.067	.141	5.777	0.000
profesional	0.877	0.068	.279	12.989	0.000
carton	-0.164	0.121	-.017	-1.354	0.176
madera	-0.286	0.110	-.122	-2.596	0.009
cemento	-0.097	0.110	-.042	-0.887	0.375

Variable dependiente: ingresos_recodificada

Fuente: elaboración propia

Debido a que la regresión, con la variable de edad ajustada a su mejor modelo, siguió arrojando un resultado de una R^2 inferior al 50%, no fue posible atribuir un ingreso a las personas encuestadas (en la Encuesta O-D) a partir de dicho método.

Propuesta 2

La segunda propuesta para la construcción del indicador fue seleccionar aquellas variables que fueran buenas explicadoras de la variable salario (aunque faltasen otras), para ser incluidas en una prueba de análisis factorial (con datos de la Encuesta O-D) que clasificara a las personas de la Encuesta O-D de acuerdo a su nivel socioeconómico. Además de las variables seleccionadas de la prueba de regresión, la variable “calidad de vivienda” que se encuentra en la Encuesta O-D fue incluida en el análisis factorial. Asimismo, la variable “precio del suelo” fue incluida en el análisis mediante la atribución de un precio del suelo a cada persona encuestada en la Encuesta O-D, el cual se conoció a partir de la localización residencial de cada persona según la información de un estudio encargado por el Ayuntamiento de Tijuana para el año 2000.

Una vez realizado el análisis factorial, se seleccionó el componente que presentó una mayor cantidad de variables con alta correlación y un mayor porcentaje de explicación de la varianza para, con base en dicho componente, explicar las diferencias sociales. El factor seleccionado sería considerado como una expresión del nivel socioeconómico y se realizaría un *cluster* para clasificar a las personas encuestadas en los cuatro grupos propuestos de jerarquía social.

Las variables de la Encuesta O-D empleadas en el análisis de componentes principales se presentan a continuación junto con sus re-codificaciones:

Cuadro G: Variables de la Encuesta O-D re-codificadas para análisis factorial 1

Unidad de análisis	Encuesta O-D					
	Variable original	Código		Variable re-codificada	Recodificación	
Persona	Edad	0-422	edad en años	Edad	0-130	solo se filtró
	Sexo	M	masculino	sexo_recodificada	0	femenino
		F	femenino		1	masculino
	Nivel de escolaridad	1	sin instrucción	ninguno	0	no
					1	sí
		2	primaria	primaria	0	no
					1	sí
		3	secundaria	secundaria	0	no
					1	sí
	4	preparatoria	preparatoria	0	no	
				1	sí	
	5	profesional	profesional	0	no	
1				sí		
Vivienda	Calidad	1	alta	precaria	0	no
					1	sí
		2	media	popular	0	no
					1	sí
	3	popular	media	0	no	
				1	sí	
	4	precaria	alta	0	no	
				1	sí	
	Material	1	ladrillo	cartón	0	no
					1	sí
		2	block	madera	0	no
					1	sí
		3	madera	ladrillo, block o concreto	0	no
					1	sí
4	concreto					
5	cartón					
6	otros					
Vehículos	0-23	cantidad	vehiculos_recodificada	0	no tienen	
				1	si tienen	

Fuente: elaboración propia

Además de las variables de la Encuesta O-D que fueron empleadas en las pruebas de regresión (edad, sexo, nivel de escolaridad, material de vivienda y vehículos), en el análisis factorial se utilizaron las dos variables adicionales, de “calidad de vivienda”¹¹⁶ (presente en la Encuesta O-D) y de, la variable de “calidad de vivienda”¹¹⁷, y “precio del suelo” (que como ya se mencionó no se encontraba en dicha encuesta, pero que fue agregada a la base de

¹¹⁶ La variable de calidad de vivienda no se encuentra en la Encuesta del Censo 2000, por lo que no fue utilizada en las pruebas de regresión que se llevaron a cabo anteriormente.

¹¹⁷ La variable de calidad de vivienda no se encuentra en la Encuesta del Censo 2000, por lo que no fue utilizada en las pruebas de regresión que se llevaron a cabo anteriormente.

datos de la misma). La variable de “precio del suelo” se integró a la base de datos de la Encuesta O-D a través de la atribución de un precio del suelo a cada persona encuestada a partir de la localización de su residencia. Los datos sobre precios del suelo que corresponden a información de un estudio encargado por el Ayuntamiento de Tijuana se encontraban originalmente a escala de zona homogénea y luego fueron transformados a escala de AGEB urbana. Para esta tesis, la información fue transformada a escala de zona de transporte mediante el programa ArcMap 10.1 para lo cual se utilizaron promedios ponderados de los valores de precio del suelo a escala de AGEB.

Una vez re-codificadas las variables de la Encuesta O-D y completada su base de datos con los precios del suelo correspondientes a cada persona encuestada, se realizó un análisis factorial que arrojó los siguientes factores:

Cuadro H: Resultados del análisis factorial 1

Variable	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
edad	.063	.406	.383	.193	.325	-.023	.390	-.034
sexo_recodificada	-.010	.059	-.003	.055	.101	-.092	.576	.633
ninguno	-.063	.176	.066	-.037	.349	.518	.460	-.411
primaria	-.322	.385	.624	-.278	.045	-.370	-.202	.138
secundaria	-.108	-.464	-.691	.143	.396	-.233	.059	.063
preparatoria	.270	-.181	.026	-.320	-.683	.450	.168	.145
profesional	.374	.241	.052	.579	-.050	.060	-.260	-.242
precaria	-.317	.410	-.264	-.251	.167	.290	-.217	.306
popular	-.535	-.623	.446	.206	-.017	.092	.063	-.111
media	.666	.360	-.329	-.267	-.081	-.339	.150	-.206
alta	.179	.130	.041	.582	.027	.242	-.239	.426
cartón	-.089	.140	-.167	-.216	.306	.489	-.242	.043
madera	-.774	.330	-.275	.214	-.348	-.098	.135	-.110
ladrillo,block o concreto	.785	-.355	.309	-.171	.287	.005	-.086	.103
vehículos_recodificada	.303	-.012	-.019	.292	-.242	.013	.243	.063
precio_suelo	.383	.267	-.047	.205	-.103	.073	-.030	.006
% de la varianza explicada	16.634	10.520	10.013	8.390	7.921	7.470	6.940	6.451

Fuente: elaboración propia

El cuadro H muestra que cuando se realiza el análisis factorial utilizando la re-codificación de las variables cualitativas (nivel de escolaridad, material de vivienda, calidad de vivienda) a variables dicotómicas (una variable por cada categoría), el análisis da como resultado una gran cantidad de factores, 8 en total, los cuales explican un muy bajo porcentaje

de la varianza cada uno¹¹⁸. Además, si se tratan de combinar varios de los factores que arroja el análisis para realizar un *cluster* según dicha combinación, es prácticamente imposible asignar una jerarquía a las clases que dá como resultado el *cluster*, pues los valores de las variables que por lo general se asocian ya sea a un nivel socioeconómico alto o a un nivel socioeconómico bajo, se contradicen en cada una de las clases¹¹⁹. Para solucionar las dificultades expuestas, se realizó una nueva re-codificación de las variables cualitativas de la Encuesta O-D empleadas en el análisis de componentes principales (ver cuadro I).

Cuadro I: Variables de la Encuesta O-D re-codificadas para análisis factorial 2

Unidad de análisis	Encuesta O-D						
	Variable original	Código		Variable re-codificada	Recodificación		
Persona	Edad	0-422	edad en años	Edad	0-130	solo se filtró	
	Sexo	M	masculino	sexo_recodificada	0	femenino	
		F	femenino		1	masculino	
	Nivel de escolaridad		1	sin instrucción	escolaridad_recodificada	1	ninguno
			2	primaria		2	primaria
			3	secundaria		3	secundaria
4			preparatoria	4		preparatoria	
5			profesional	5		profesional	
Vivienda	Calidad	1	alta	calidadvivienda_recodificada	1	precaria	
		2	media		2	popular	
		3	popular		3	media	
		4	precaria		4	alta	
	Material		1	ladrillo	material_recodificada	1	cartón
			2	block		2	madera
			3	madera		3	ladrillo, block o concreto
			4	concreto			
			5	cartón			
			6	otros			
	Vehículos	0-23	cantidad		vehiculos_recodificada	0	no tienen
						1	si tienen

Fuente: elaboración propia

Una vez re-codificadas (nuevamente) las variables, se llevó a cabo el análisis factorial, en el que también se tomó en cuenta la variable de precio del suelo adicionada a la base de datos de la Encuesta O-D. El nuevo análisis factorial arrojó los siguientes factores:

¹¹⁸ El factor 1, que explica el mayor porcentaje de varianza, explica menos del 17 por ciento.

¹¹⁹ Por ejemplo, una de las clases puede mostrar al mismo tiempo un valor alto en el nivel de escolaridad “profesional” (que por lo general se asocia a un nivel socioeconómico alto) y un valor alto en la calidad de vivienda “precaria” (que se asocia a un nivel socioeconómico bajo).

Cuadro J: Resultados del análisis factorial 2

Variable	Componente	
	1	2
Edad	0.067	0.804
sexo_recodificada	0.004	0.569
escolaridad_recodificada	0.634	-0.396
calidadvivienda_recodificada	0.746	0.077
material_recodificada	0.599	0.012
vehículos recodificada	0.455	0.062
precio_suelo	0.511	0.199
% de la varianza explicada	25.561	16.793

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse, el componente 1 se correlaciona más con las variables económicas (nivel de escolaridad, calidad de la vivienda, material de la vivienda, vehículos en la vivienda y precio del suelo), mientras que el componente 2 se correlaciona más con las variables demográficas (edad y sexo). También se observa que el porcentaje de varianza explicado por cada uno de los componentes es relativamente bajo, el componente 1 solo explica el 25.56 por ciento de la varianza mientras que el componente 2 solo explica un 16.79 por ciento. Debido a ello, se utilizaron ambos factores para dar jerarquía a los casos de la Encuesta O-D. A continuación se muestran los valores promedio de las variables en cada nivel socioeconómico según los factores 1 y 2 (ver cuadros K y L).

Cuadro K: Factor 1: valores promedio de las variables en cada clase

Clasificación	edad	sexo_recodificada	escolaridad_recodificada	calidadvivienda_recodificada	material_recodificada	vehiculo_recodificada	precio_suelo
1	32.35	0.62	2.25	1.69	2.10	0.38	358.48
2	32.97	0.68	2.71	2.17	2.66	0.66	406.15
3	32.87	0.66	3.24	2.71	2.90	0.85	540.04
4	35.41	0.64	4.43	3.15	2.96	0.98	894.18

Fuente: elaboración propia

Según la clasificación basada en el factor 1, las personas encuestadas (en la Encuesta O-D) tendrán un nivel socioeconómico bajo (clase 1) si su nivel de escolaridad se encuentra

alrededor de la primaria, su vivienda tiene una calidad precaria o popular, está construida con materiales como la madera y se localiza en zonas con un precio del suelo de alrededor de 358, además de que presentan una probabilidad inferior al 40 por ciento de poseer un vehículo. Tendrán un nivel socioeconómico medio-bajo (clase 2) si su nivel de escolaridad se encuentra entre la primaria y la secundaria, su vivienda tiene una calidad popular, está construida con materiales como madera, ladrillo o block y se localiza en zonas con un precio del suelo de alrededor de 406, además de que presentan una propabilidad de alreredor del 66 por ciento de poseer un vehículo. Las personas tendrán un nivel socioeconómico medio (clase 3) si su nivel de escolaridad es de secundaria o un poco superior, su vivienda tiene una calidad entre popular y media, está construida con materiales como ladrillo, block o concreto y se localiza en zonas con un precio del suelo de alrededor de 540, además de que presentan una propabilidad de alreredor del 85 por ciento de poseer un vehículo. Las personas tendrán un nivel socioeconómico alto (clase 4) si su nivel de escolaridad se encuentra entre preparatoria y profesional, su vivienda tiene una calidad media o alta, está construida con materiales como ladrillo, block o concreto y se localiza en zonas con un precio del suelo de alrededor de 894, además de que presentan una propabilidad cercana al 100 por ciento de poseer un vehículo.

Cuadro L: Factor 2: valores promedio de las variables en cada clase

Clasificación	edad	sexo_recodificada	escolaridad_recodificada	calidadvivienda_recodificada	material_recodificada	vehiculo_recodificada	precio_suelo
1	23.52	0.06	3.48	2.33	2.68	0.67	437.34
2	27.96	0.71	3.15	2.33	2.64	0.70	467.94
3	38.85	0.88	2.78	2.42	2.65	0.72	537.45
4	54.91	0.94	2.18	2.43	2.69	0.74	649.09

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, según la clasificación basada en el factor 2, las personas encuestadas tendrán un nivel socioeconómico bajo (clase 1) si su edad es alrededor de los 23 años y si se trata de una mujer. Las personas tendrán un nivel socioeconómico medio-bajo (clase 2) si su edad es alrededor de los 28 años, mientras que es un poco más probable que sean hombres que mujeres. Tendrán un nivel socioeconómico medio (clase 3) si su edad se encuentra

alrededor de los 39 años, siendo probable en un 88 por ciento que sean hombres. Tendrán un nivel socioeconómico alto (clase 4) si su edad se encuentra alrededor de los 55 años y se trata de un hombre.

Una vez asignados los valores (del 1 al 4) a cada caso de la Encuesta O-D, para ambas variables de nivel socioeconómico (una variable basada en el factor 1 y otra basada en el factor 2), en la base de datos se recodificaron dichas variables para crear 4 variables dicotómicas (una para cada clase social) por cada variable de nivel socioeconómico basada en los factores del análisis factorial (ver cuadro M).

Cuadro M: Re-codificación de variables de nivel socioeconómico

Variable original	Código		Variable re-codificada	Código	
Nivel socioeconómico (factor 1)	B_1 (bajo)	1	B_1	0	no
				1	sí
	MB_1 (medio-bajo)	2	MB_1	0	no
				1	sí
	M_1 (medio)	3	M_1	0	no
				1	sí
	A_1 (alto)	4	A_1	0	no
				1	sí
Nivel socioeconómico (factor 2)	B_2 (bajo)	1	B_2	0	no
				1	sí
	MB_2 (medio-bajo)	2	MB_2	0	no
				1	sí
	M_2 (medio)	3	M_2	0	no
				1	sí
	A_2 (alto)	4	A_2	0	no
				1	sí

Fuente: elaboración propia

Después se corrieron regresiones, por separado para transporte público y para transporte privado, en las que se consideró como variable dependiente por una parte la “distancia de viaje” y, por otra parte, el “tiempo de viaje”. Las variables independientes se consideraron de 3 formas distintas en cada caso: a) se consideraron las 8 variables de nivel socioeconómico creadas en la re-codificación, es decir, las variables para nivel socioeconómico bajo (B_1; B_2), para nivel medio-bajo (MB_1; MB_2), para nivel medio (M_1; M_2) y para nivel alto (A_1; A_2); b) se consideraron únicamente las 4 variables de nivel socioeconómico correspondientes al factor 1, es decir, las variables B_1, MB_1, M_1 y

A_1; c) se consideraron únicamente las 4 variables de nivel socioeconómico correspondientes al factor 2, es decir, las variables B_2, MB_2, M_2 y A_2. Los resultados de las regresiones descritas se muestran a continuación:

- Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro N: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes de los factores 1 y 2)

Número de casos: 1509 R²= 0.026 R² ajustada= 0.021
Error estándar de estimación: 5.0844665

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.895	.651		9.055	0.000
B_1	1.975	0.727	.158	2.715	0.007
MB_1	0.660	0.706	.061	0.935	0.350
M_1	-0.033	0.715	-.003	-0.046	0.964
A_1	-0.186	0.766	-.012	-0.243	0.808
B_2	-0.159	0.365	-.012	-0.435	0.664
MB_2	0.524	0.334	.044	1.572	0.116
A_2	0.079	0.433	.005	0.183	0.855

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro O: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes del factor 1)

Número de casos: 1509 R²= 0.023 R² ajustada= 0.021
Error estándar de estimación: 5.0854843

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.895	.651		9.053	0.000
B_1	2.090	0.709	.167	2.946	0.003
MB_1	0.770	0.688	.071	1.120	0.263
M_1	0.095	0.698	.008	0.136	0.891
A_1	-0.082	0.750	-.005	-0.109	0.913

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro P: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes del factor 2)

Número de casos: 1509 R²= 0.003 R² ajustada= 0.000
Error estándar de estimación: 5.1374771

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
B_2	0.492	0.724	.038	0.679	0.497
MB_2	0.639	0.690	.061	0.926	0.355
M_2	1.161	0.709	.098	1.638	0.102
A_2	0.804	0.761	.051	1.056	0.291

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

- Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro Q: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes de los factores 1 y 2)

Número de casos: 1509 R²= 0.069 R² ajustada= 0.064
Error estándar de estimación: 30.2434491

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
B_1	19.268	4.327	.254	4.453	0.000
MB_1	5.400	4.198	.082	1.286	0.199
M_1	-0.628	4.256	-.009	-0.148	0.883
A_1	-5.255	4.557	-.055	-1.153	0.249
B_2	-1.104	2.170	-.014	-0.509	0.611
M_2	-1.731	1.984	-.024	-0.873	0.383
A_2	0.219	2.573	.002	0.085	0.932

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro R: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes del factor 1)

Número de casos: 1509 R²= 0.068 R² ajustada= 0.066
Error estándar de estimación: 30.2230775

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	40.148	3.870		10.375	0.000
B_1	18.622	4.216	.245	4.417	0.000
MB_1	4.792	4.088	.073	1.172	0.241
M_1	-1.309	4.148	-.019	-0.315	0.752
A_1	-5.922	4.459	-.062	-1.328	0.184

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro S: Transporte público: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes del factor 2)

Número de casos: 1509 R²= 0.002 R² ajustada= -0.001
Error estándar de estimación: 31.2792113

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	40.148	4.005		10.025	0.000
B_2	4.288	4.410	.054	0.972	0.331
MB_2	5.313	4.203	.083	1.264	0.206
M_2	3.597	4.315	.050	0.833	0.405
A_2	6.452	4.634	.067	1.392	0.164

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

- Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro T: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes de los factores 1 y 2)

Número de casos: 1957 R²= 0.011 R² ajustada= 0.007
Error estándar de estimación: 5.1782656

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	8.425	.598		14.090	0.000
B_1	-2.412	0.670	-.181	-3.600	0.000
MB_1	-2.186	0.650	-.196	-3.362	0.001
M_1	-2.727	0.649	-.248	-4.200	0.000
A_1	-2.032	0.701	-.128	-2.898	0.004
B_2	0.399	0.328	.030	1.215	0.224
M_2	0.558	0.287	.049	1.945	0.052
A_2	0.443	0.429	.025	1.032	0.302

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro U: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes del factor 1)

Número de casos: 1957 R²= 0.008 R² ajustada= 0.006
Error estándar de estimación: 5.1798744

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	8.425	.598		14.085	0.000
B_1	-2.137	0.656	-.161	-3.256	0.001
MB_1	-1.891	0.633	-.169	-2.986	0.003
M_1	-2.427	0.631	-.221	-3.844	0.000
A_1	-1.738	0.686	-.110	-2.535	0.011

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro V: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para distancia
(variables independientes del factor 2)

Número de casos: 1957 R²= 0.008 R² ajustada= 0.006
Error estándar de estimación: 5.1807636

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	8.425	.598		14.083	0.000
B_2	-2.023	0.655	-.153	-3.087	0.002
MB_2	-2.394	0.627	-.224	-3.816	0.000
M_2	-1.839	0.636	-.161	-2.891	0.004
A_2	-1.942	0.711	-.108	-2.729	0.006

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

- Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro X: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes de los factores 1 y 2)

Número de casos: 1957 R²= 0.022 R² ajustada= 0.019
Error estándar de estimación: 23.0435271

Variables	Coeficientes		Coeficientes	T	Sig.
	No estandarizados		Estandarizados		
	B	Error estándar	Beta		
Constante	46.333	2.661		17.413	0.000
B_1	-5.930	2.981	-.100	-1.989	0.047
MB_1	-10.637	2.893	-.213	-3.676	0.000
M_1	-11.857	2.889	-.241	-4.104	0.000
A_1	-15.446	3.120	-.217	-4.951	0.000
B_2	1.768	1.459	.030	1.211	0.226
M_2	0.327	1.277	.006	0.256	0.798
A_2	-1.030	1.911	-.013	-0.539	0.590

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro Y: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes del factor 1)

Número de casos: 1957 R²= 0.021 R² ajustada= 0.019
Error estándar de estimación: 23.0390411

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	46.333	2.660		17.416	0.000
B_1	-5.613	2.919	-.094	-1.923	0.055
MB_1	-10.298	2.817	-.206	-3.655	0.000
M_1	-11.452	2.808	-.233	-4.078	0.000
A_1	-15.137	3.049	-.213	-4.964	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro Z: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión para tiempo
(variables independientes del factor 2)

Número de casos: 1957 R²= 0.008 R² ajustada= 0.006
Error estándar de estimación: 23.1875069

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	46.333	2.677		17.305	0.000
B_2	-9.171	2.932	-.155	-3.128	0.002
MB_2	-10.619	2.808	-.222	-3.781	0.000
M_2	-10.379	2.847	-.203	-3.646	0.000
A_2	-12.107	3.184	-.151	-3.802	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las pruebas de regresión, tanto para transporte público como para transporte privado, muestran que las variables de nivel socioeconómico basadas en el factor 2 del análisis de componentes principales influyen muy poco en los valores de R² de las regresiones con ambas variables dependientes (distancia y tiempo). Sin embargo, los valores de R² de las regresiones que consideraron las variables de nivel socioeconómico basadas en el factor 1 (ya sea solas o junto con las del factor 2), tampoco fueron muy altas. El cuadro

AA muestra un resumen de los resultados de las R^2 en cada modelo de regresión probado. Además, los coeficientes de las variables de una misma clase social no mostraron consistencia en cuanto a su signo (positivo o negativo) en los distintos modelos, debido a ello se optó por una tercera propuesta para la construcción del indicador de ingreso (la cual fue la utilizada para probar las hipótesis de investigación, y se encuentra explicada con detalle en el apartado 5.1.4 de este trabajo).

Cuadro AA: Valores de R^2 en cada prueba de regresión

Transporte	Variable dependiente	Variabes independientes	R^2
Público	Distancia	Factores 1 y 2	0.021
		Factor 1	0.021
		Factor 2	0.000
	Tiempo	Factores 1 y 2	0.064
		Factor 1	0.066
		Factor 2	-0.001
Privado	Distancia	Factores 1 y 2	0.007
		Factor 1	0.006
		Factor 2	0.006
	Tiempo	Factores 1 y 2	0.019
		Factor 1	0.019
		Factor 2	0.006

Fuente: elaboración propia

Anexo 2: Análisis descriptivo de las variables empleadas

Casos eliminados de la base de datos original de la Encuesta O-D

A fin de considerar en el análisis desarrollado en este trabajo solamente los casos de la Encuesta O-D adecuados a las características propuestas en las hipótesis de investigación, (es decir, la intención fue trabajar con todos los casos que formaran parte de la Encuesta O-D siempre y cuando dichos casos pudieran servir para a través del análisis de los mismos realizar las pruebas de hipótesis), fueron eliminados de la base de datos aquellos casos que no cumplieran con dichas condiciones.

El cuadro AB muestra la cantidad total de casos que conformaban la base de datos original de la Encuesta O-D, así como la cantidad de casos que fueron eliminados, sus porcentajes con respecto al total, y el motivo de dicha eliminación. Es fundamental mencionar que para el análisis que se desarrolla en esta investigación, los casos eliminados no pudieron haber sido utilizados debido a que no se les pueden aplicar los fundamentos teóricos en los que se basan el modelo teórico y el operativo:

Cuadro AB: Casos eliminados de la base de datos de la Encuesta O-D

Casos	Cantidad	%	Eliminados	Motivo
Encuesta O-D (todos los casos)	50414	100	11071	Encuesta no completa
Encuestas completas	39343	78.04	30102	Viajes realizados con motivo diferente a acceder al empleo
Viajes al trabajo	9241	18.33	1823	Residen o trabajan fuera de Tijuana
Residen y trabajan en Tijuana	7418	14.71	360	El origen del viaje no fue la residencia de la persona
Viajes desde la residencia	7058	14.00	3433	Viajes en transporte no motorizado
Viajes en transporte motorizado	3625	7.19	159	Tiempo de viaje mayor a 2.5 horas
Tiempo de viaje de 2.5 horas máximo	3466	6.88	0	Separación de bases de datos
Transporte público	1509	2.99		
Transporte privado	1957	3.88		

Fuente: elaboración propia

1. Los potenciales de acceso a empleo no pueden aplicarse a casos de viajes realizados con fines distintos al trabajo¹²⁰ pues, en todo caso, deberían crearse “potenciales de acceso a recursos urbanos” adecuados a las características de la ciudad que pudieran atribuirse a los casos en que el viaje es por razones distintas a acceder al empleo.

2. Debido a que solo se cuenta con información sobre la distribución del empleo en Tijuana y a que no se puede atribuir un nivel de ingreso a una persona que trabaje en Estados Unidos de la misma manera en que se le atribuye a alguien que trabaja en la ciudad de Tijuana, los casos en los que las personas residen o trabajan fuera de Tijuana no pueden considerarse en el análisis. Para hacerlo, sería necesario considerar la diferencia de salarios y de costo de vida entre países para el caso de quienes residen o trabajan en Estados Unidos, y la distribución del empleo en cualquier ciudad diferente a Tijuana de la cual se considerarían casos en el análisis, así como los tiempos de espera en el cruce fronterizo para quienes viajaran de Tijuana a San Diego, etc.

3. Las variables de potencial de acceso a empleo fueron atribuidas a cada caso de la Encuesta O-D con base en su lugar de residencia, por lo que no es posible considerar dicho potencial en los casos en los que el viaje tuvo un origen distinto a la residencia de la persona encuestada. Para ello, sería necesario atribuir las variables de potencial de acceso a empleo a cada caso según el origen del viaje y no según el lugar de residencia a fin de no distorsionar los resultados de las pruebas de regresión. Sin embargo, si se realizara de dicha manera, el modelo no estaría basado en la teoría que relaciona una baja accesibilidad desde la residencia al empleo con distancias de viaje más largas, pues la accesibilidad atribuida a los casos sería una que no sería la de su lugar habitual de residencia sino probablemente la correspondiente a una “parada” a medio camino y que quizá incluiría desviaciones. En conclusión, debido a que no se conoce en detalle la información sobre el recorrido completo de las personas (la Encuesta O-D no la proporciona), dichos casos se excluyen del análisis.

¹²⁰ Y que, por lo tanto, pudieron haber sido realizados para consumir bienes o servicios, o incluso por otras razones, si fuesen considerados en el análisis debería dicho análisis en primera instancia tomar en cuenta que la oferta de bienes en el centro de la ciudad, donde se concentra el empleo terciario no satisface una demanda local ni ofrece bienes centrales, sino en muchos casos marginales para una demanda no local, además de que una buena parte de la población, sobre todo quienes cuentan con ingresos altos, satisfacen su demanda de bienes centrales en el país vecino.

4. En cuanto a los viajes realizados a través de medios de transporte no motorizados, dichos viajes no pueden considerarse porque no generan emisiones de GEI, además de que en el caso de los modelos que utilizan la variable dependiente de tiempo, la variable tiempo perdería sentido si se tomaran en cuenta indistintamente los viajes en transporte motorizado y los viajes en transporte no motorizado.

5. En cuanto a la eliminación de los viajes con un tiempo de viaje mayor a 2.5 horas, dicha decisión se tomó a fin de descartar aquellos viajes en los que el tiempo de viaje consideró actividades dentro del período especificado de viaje o en los que se tenían errores de captura de información, pues se encontraron casos en los que el tiempo de viaje era hasta de 17 horas. Al seleccionar los casos con un tiempo de viaje máximo de 2.5 horas, se descartaron solamente 29 casos (se conservó 99.2 por ciento de los casos que contaban con dicha información¹²¹).

6. Una vez eliminados los casos que no servían para el modelo propuesto, la base de datos resultante fue de 3466 casos, de los cuales 1509 correspondían a viajes realizados en transporte público, y 1957 correspondían a viajes realizados en transporte privado. La base de datos se dividió, entonces, para facilitar el trabajar con la información.

Descripción de las variables

A pesar de que las bases de datos del transporte público y del transporte privado contaban con 1509 y 1957 casos respectivamente, no todos los casos contaban con datos en todas las variables consideradas en los modelos. Recordemos que los modelos empleados para probar las hipótesis de investigación son los siguientes:

¹²¹ Además, 94 casos (el equivalente a 3.59 por ciento) se perdieron debido a que no tenían información sobre el tiempo de viaje.

Cuadro AC: Modelos de regresión de este trabajo

<i>Tansporte público: variable dependiente distancia</i>	
Ecuación	
5.1	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD10j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.5	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10j}) + \beta_2 (\text{tercVTD10j})^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.9	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
<i>Tansporte público: variable dependiente tiempo</i>	
Ecuación	
5.2	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD20j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.6	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 (\text{tercVTD10j}) + \beta_2 (\text{tercVTD10j})^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.10	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
<i>Tansporte privado: variable dependiente distancia</i>	
Ecuación	
5.3	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 (\text{totalVTD10j}) + \beta_2 (\text{totalVTD10j})^2 + \beta_3 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.7	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10j}) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$
5.11	$\ln(LV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20j}) + \beta_2 (\text{smm_zona_transporte})$
<i>Tansporte privado: variable dependiente tiempo</i>	
Ecuación	
5.4	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{totalVTD15j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.8	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{tercVTD10j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$
5.12	$\ln(TV_j) = \phi + \beta_1 \ln(\text{manuVTD20j}) + \beta_2 \ln(\text{smm_zona_transporte})$

Donde:
 LV_j es la longitud de viaje de cada persona j; TV_j es el tiempo de viaje de cada persona j; totalVTD10j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j; totalVTD15j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j; totalVTD20j es el potencial de acceso a la totalidad del empleo para la persona j; tercVTD10j es el potencial de acceso a empleo en el sector terciario para la persona j; manuVTD20j es el potencial de acceso a empleo en el sector industrial para la persona j; smm_zona_transporte es el salario promedio para la persona j.

Fuente: elaboración propia

En el cuadro AD se muestra el número de casos que contaban con información para cada una de las variables, y el número de casos utilizado en cada modelo de regresión. El cuadro AE muestra los estadísticos descriptivos de las muestras de cada variable considerada en los modelos.

Cuadro AD: Variables y número de casos en cada modelo

Transporte público			Número de casos	Número de casos del modelo
Base de datos			1509	
<i>Modelo</i>	<i>Variable</i>		<i>Número de casos</i>	
Ecuación 5.1	Distancia	$\ln(LV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{totalVTD10})$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	
Ecuación 5.5	Distancia	$\ln(LV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\text{tercVTD10}, (\text{tercVTD10})^2$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	
Ecuación 5.9	Distancia	$\ln(LV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{manuVTD20})$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	
Ecuación 5.2	Tiempo	$\ln(TV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{totalVTD20})$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	
Ecuación 5.6	Tiempo	$\ln(TV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\text{tercVTD10}, (\text{tercVTD10})^2$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	
Ecuación 5.10	Tiempo	$\ln(TV)$	1509	1460
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{manuVTD20})$	1479	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1460	

Transporte privado			Número de casos	Número de casos del modelo
Base de datos			1957	
<i>Modelo</i>	<i>Variable</i>		<i>Número de casos</i>	
Ecuación 5.3	Distancia	$\ln(LV)$	1957	1848
	Potencial de acceso a empleo	$\text{totalVTD10}, (\text{totalVTD10})^2$	1875	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1848	
Ecuación 5.7	Distancia	$\ln(LV)$	1957	1875
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{tercVTD10})$	1875	
	Salario promedio	$\text{smm_zona_transporte}$	1875	
Ecuación 5.11	Distancia	$\ln(LV)$	1957	1875
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{manuVTD20})$	1875	
	Salario promedio	$\text{smm_zona_transporte}$	1875	
Ecuación 5.4	Tiempo	$\ln(TV)$	1956	1848
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{totalVTD15})$	1875	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1848	
Ecuación 5.8	Tiempo	$\ln(TV)$	1956	1848
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{tercVTD10})$	1875	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1848	
Ecuación 5.12	Tiempo	$\ln(TV)$	1956	1848
	Potencial de acceso a empleo	$\ln(\text{manuVTD20})$	1875	
	Salario promedio	$\ln(\text{smm_zona_transporte})$	1848	

Fuente: elaboración propia

Cuadro AE: Estadísticos descriptivos de cada variable considerada en los modelos

Transporte público											
Variable	N		Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Casos válidos	Missing						Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
ln(LV)	1509	0	1.557	1.680	.000	.881	.777	-.383	.063	-.721	.126
ln(TV)	1509	0	3.541	3.555	3.401	.766	.587	-.440	.063	-.192	.126
ln(totalVTD10)	1479	30	3.815	3.875	3.365	.329	.108	-.406	.064	-.944	.127
ln(totalVTD20)	1479	30	2.551	2.677	1.352	.756	.572	-.368	.064	-.825	.127
tercVTD10	1479	30	22.585	20.952	14.416	9.252	85.601	1.301	.064	1.611	.127
(tercVTD10) ²	1479	30	595.603	439.004	207.809	542.224	294007.170	2.250	.064	5.510	.127
ln(manuVTD20)	1479	30	1.785	1.772	.657	.870	.757	-.044	.064	-.782	.127
ln(smm_zona_transporte)	1460	49	1.454	1.453	1.453	.179	.032	.487	.064	.656	.128

Transporte privado											
Variable	N		Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Casos válidos	Missing						Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
ln(LV)	1957	0	1.498	1.615	.000	.904	.818	-.298	.055	-.820	.111
ln(TV)	1956	1	3.362	3.401	3.401	.740	.548	-.789	.055	1.071	.111
totalVTD10	1875	82	48.935	49.242	28.948	14.194	201.459	-.119	.057	-1.072	.113
(totalVTD10) ²	1875	82	2595.968	2424.727	837.981	1378.697	1900804.186	.280	.057	-.982	.113
ln(totalVTD15)	1875	82	3.151	3.229	2.307	.518	.269	-.550	.057	-.605	.113
ln(tercVTD10)	1875	82	3.071	3.058	2.668	.360	.130	.264	.057	-.098	.113
ln(manuVTD20)	1875	82	1.872	1.961	.657	.884	.782	-.165	.057	-.714	.113
smm_zona_transporte	1875	82	4.315	4.276	4.276	.952	.907	-.694	.057	5.323	.113
ln(smm_zona_transporte)	1848	109	1.460	1.453	1.453	.178	.032	.149	.057	1.042	.114

Fuente: elaboración propia

Debido a que, como se puede observar en el cuadro AE, las muestras utilizadas para correr los modelos de regresión son grandes, en este trabajo se plantean los modelos bajo el supuesto de que las distribuciones de los estimadores se aproximan a una distribución normal pues en una regresión “si el supuesto de la perturbación normal no se mantiene, serían necesarias observaciones adicionales por cada variable explicadora adicional. Treinta observaciones para una regresión simple, con 10 ó 20 observaciones adicionales por cada variable explicadora adicional es sugerido comúnmente”¹²².

Pruebas de heterocedasticidad de los modelos

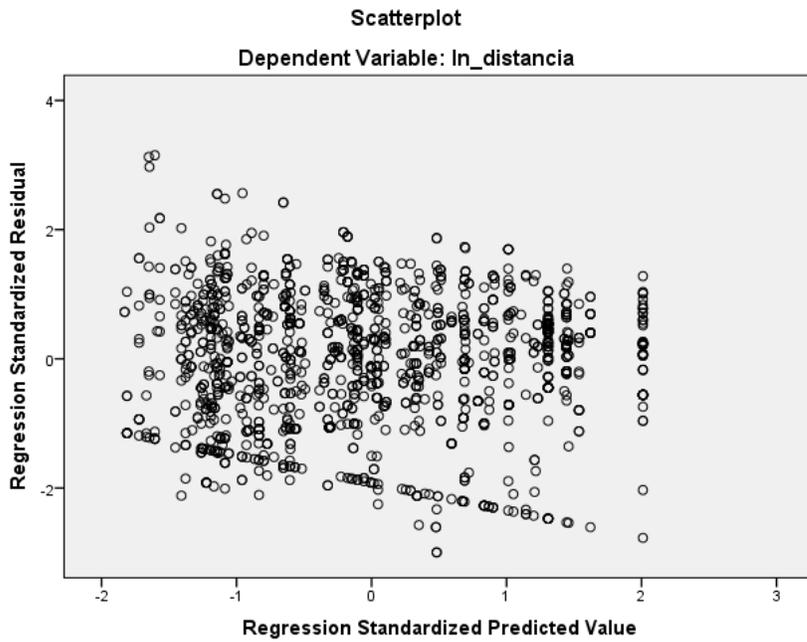
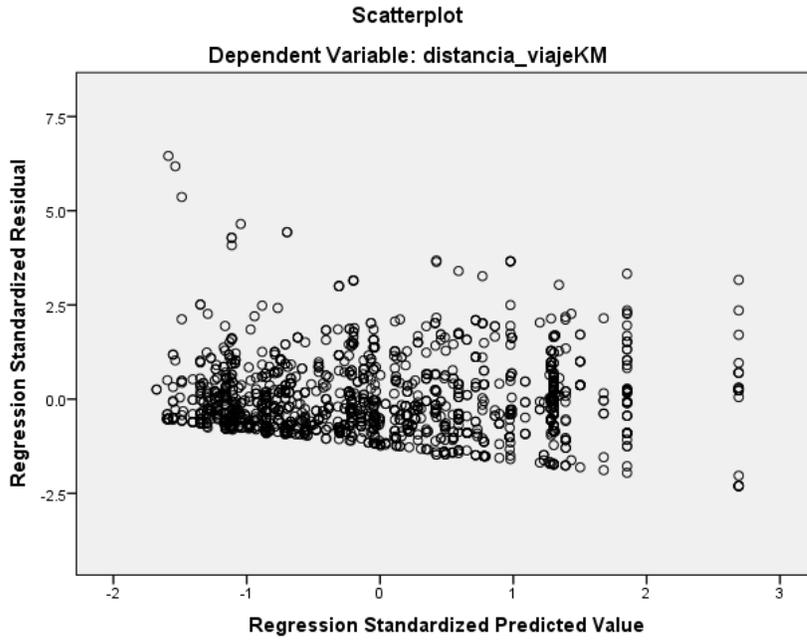
A continuación se presentan las gráficas de los valores pronosticados para las variables dependientes de distancia y tiempo de viaje en cada uno de los modelos, contra los residuos¹²³ de los modelos de regresión. La primera gráfica de cada modelo muestra los resultados cuando las variables independientes se presentan en su forma original (es decir, sin transformación logarítmica), mientras que la segunda gráfica de cada modelo muestra los resultados cuando ha sido considerado el logaritmo natural de la variable dependiente original como variable dependiente del modelo.

Las variables de ingreso han sido consideradas en la primera gráfica de cada modelo siempre en su forma original. En las segundas gráficas de cada modelo se ha considerado para los modelos (ecuaciones: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.8, 5.9, 5.10 y 5.12) el logaritmo natural de la variable de ingreso como una de las variables independientes (se ha descartado la variable original); y en los modelos (ecuaciones: 5.7 y 5.11) se ha considerado como una de las variables independientes la variable de ingreso original (no se ha usado su transformación logarítmica). Se seleccionaron de tal modo las variables de ingreso a utilizar a fin de reducir la heterocedasticidad de los modelos de regresión. Puede observarse en las gráficas que en todos los casos la heterocedasticidad del modelo se redujo significativamente, pues los puntos del gráfico tienen una distribución más dispersa (al azar).

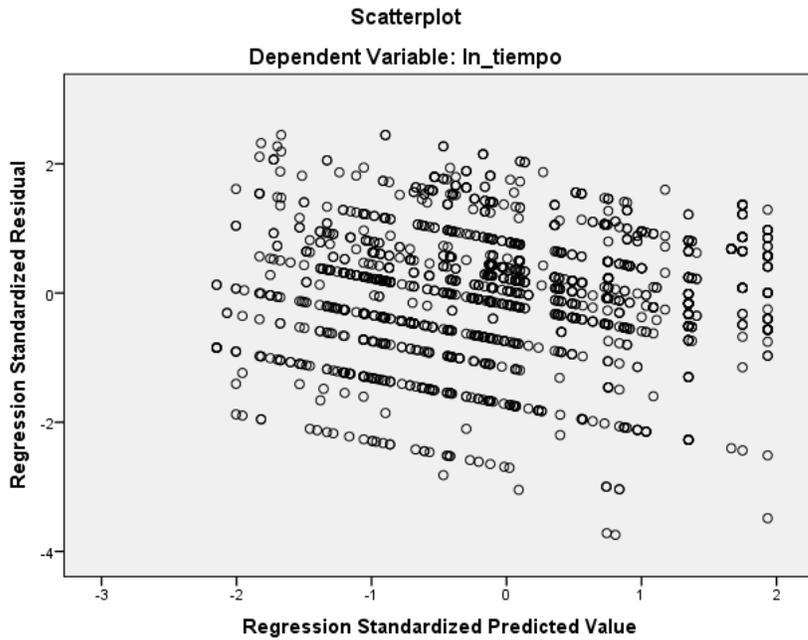
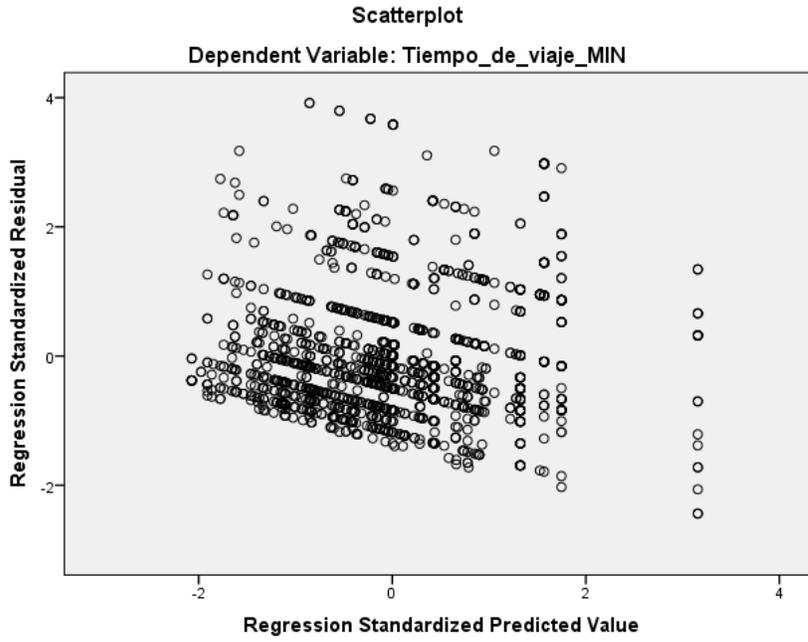
¹²² Dielman, Terry E. (1991). Applied Regression Analysis for Business and Economics. PWS-KENT Pub. Co., Boston. Pág. 252.

¹²³ Los residuos son la diferencia entre los valores observados de la variable dependiente y los valores pronosticados por el modelo.

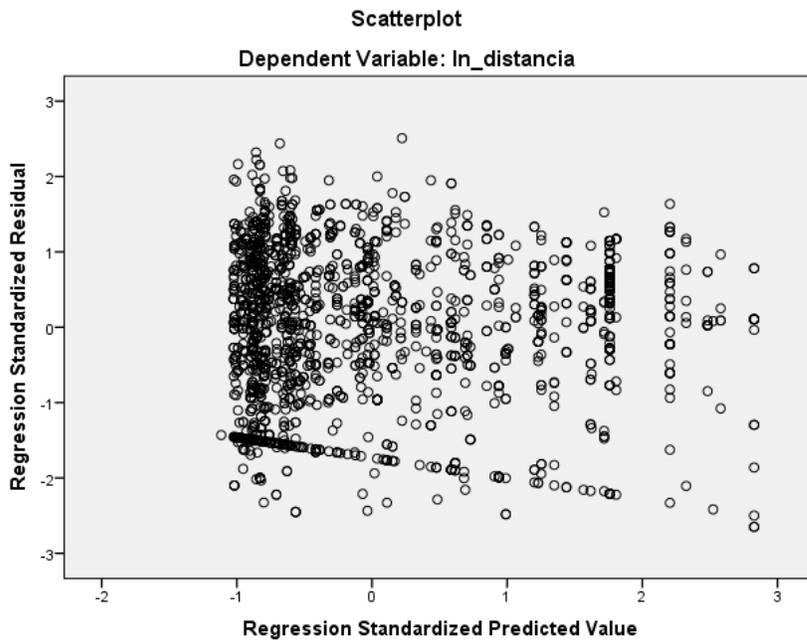
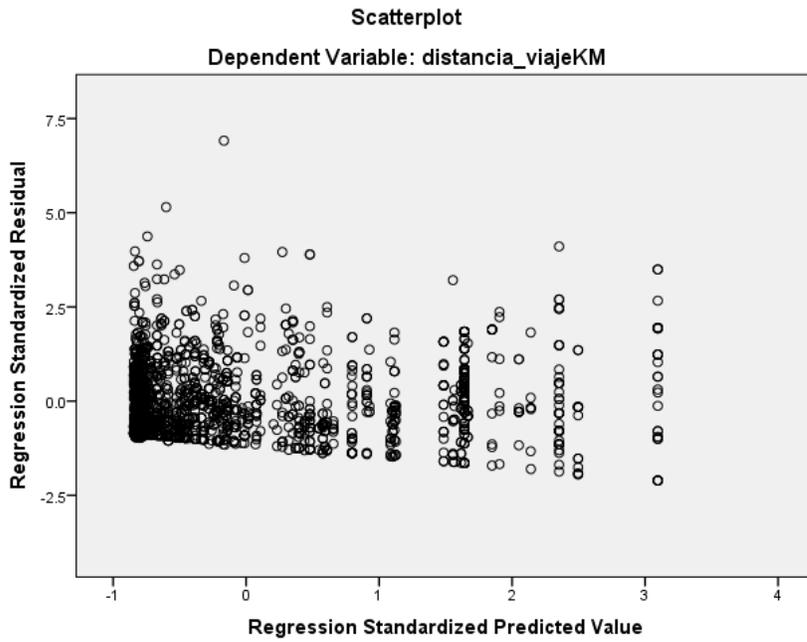
- Modelo: ecuación 5.1



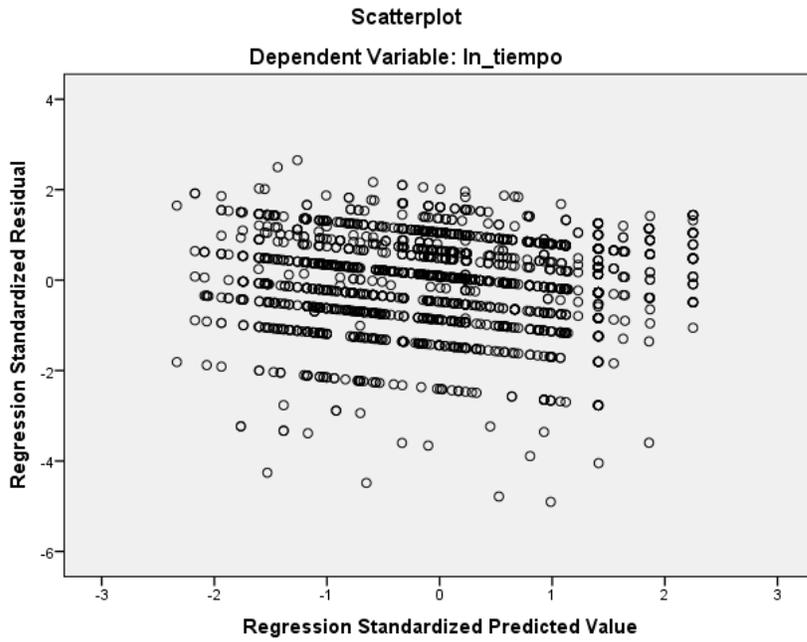
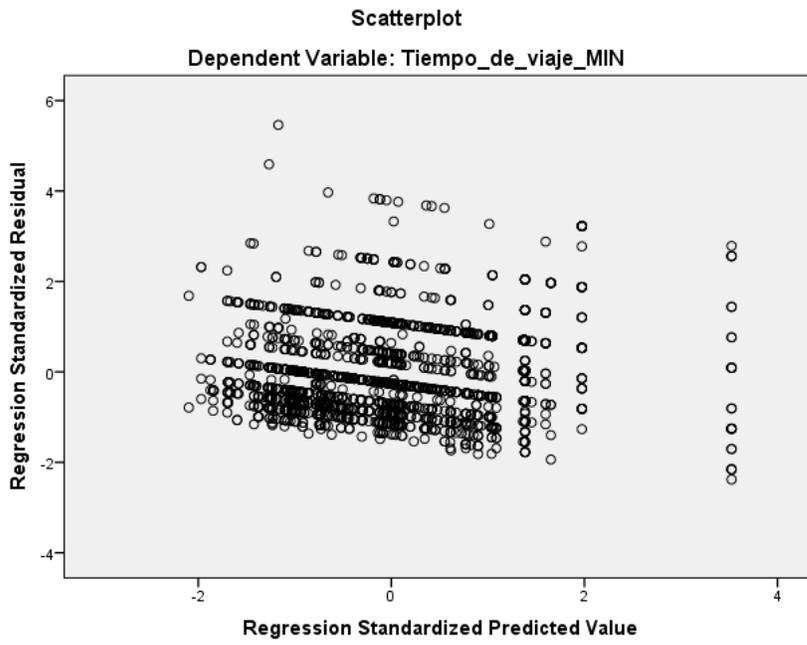
- Modelo: ecuación 5.2



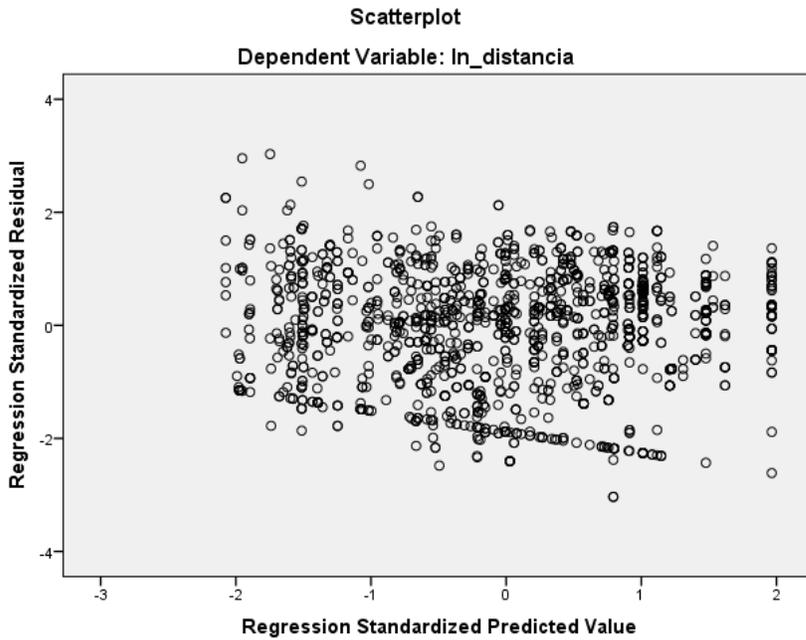
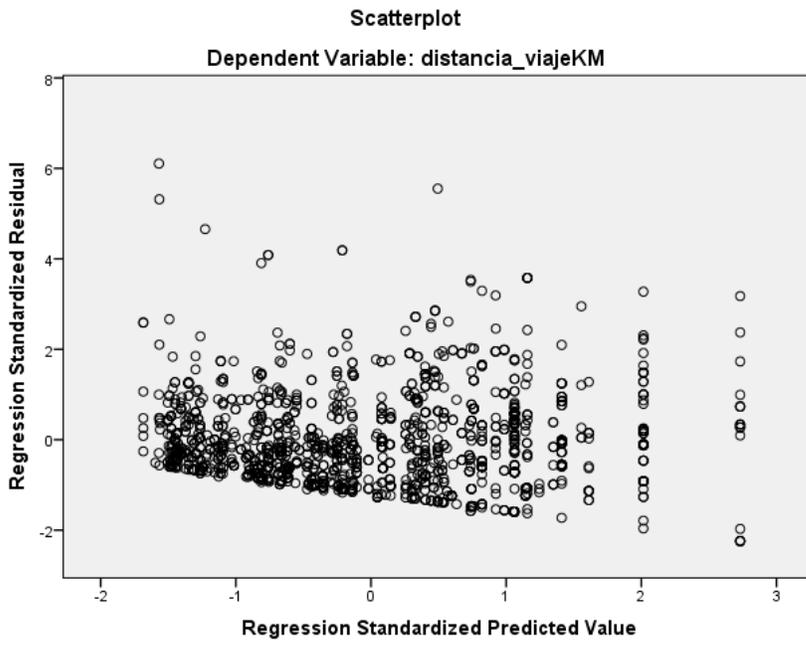
- Modelo: ecuación 5.3



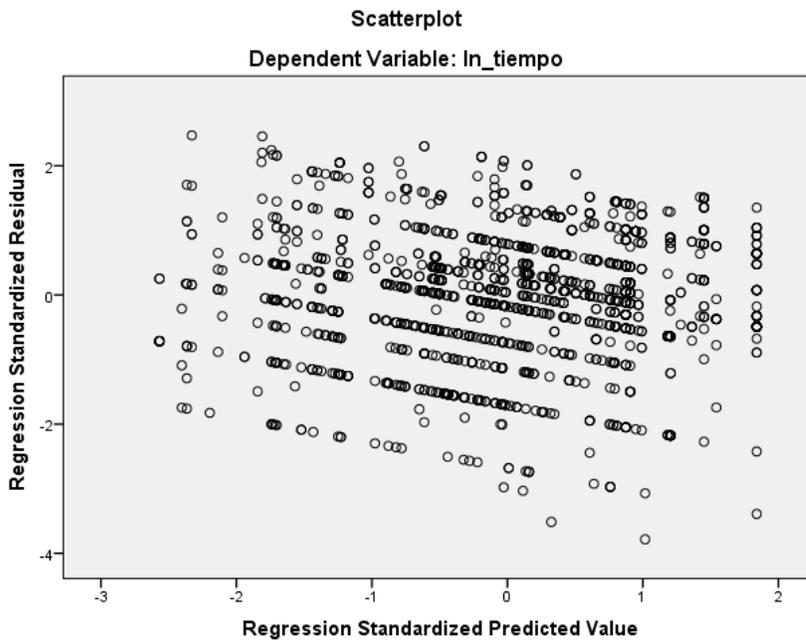
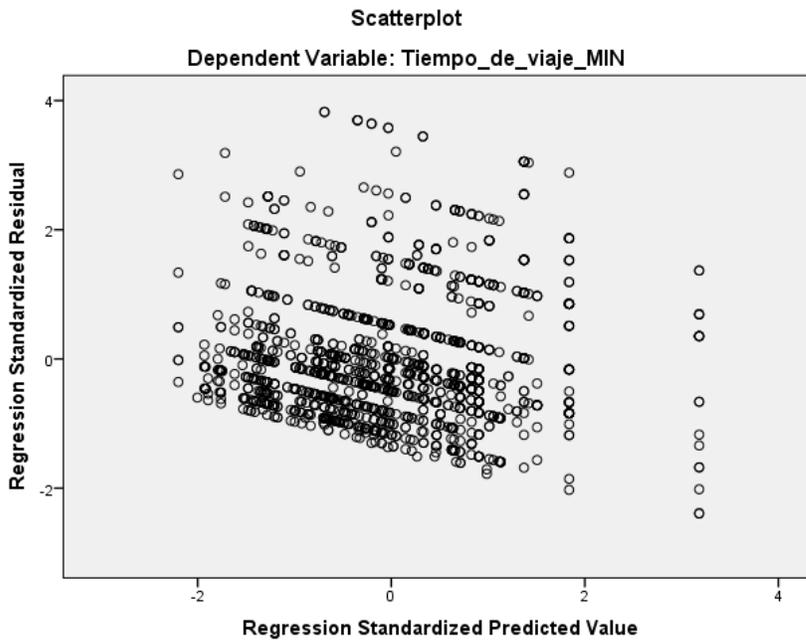
- Modelo: ecuación 5.4



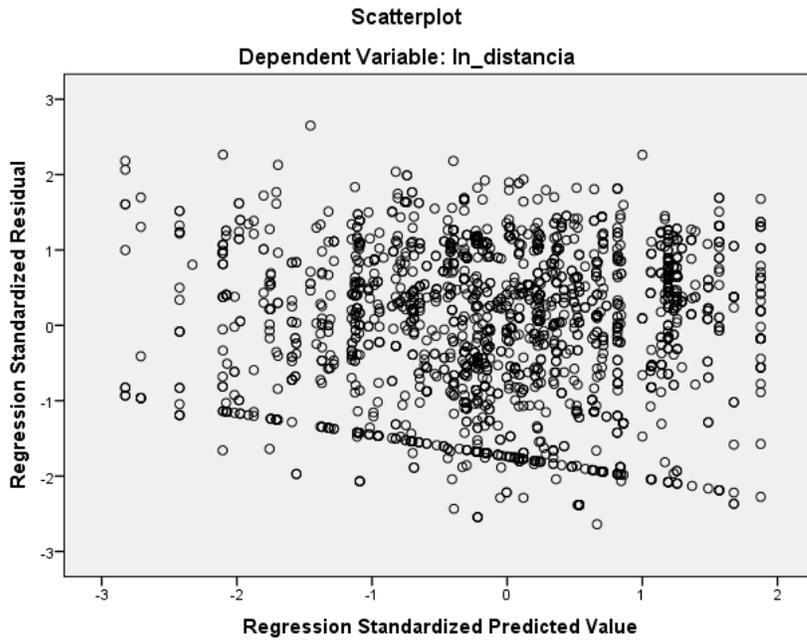
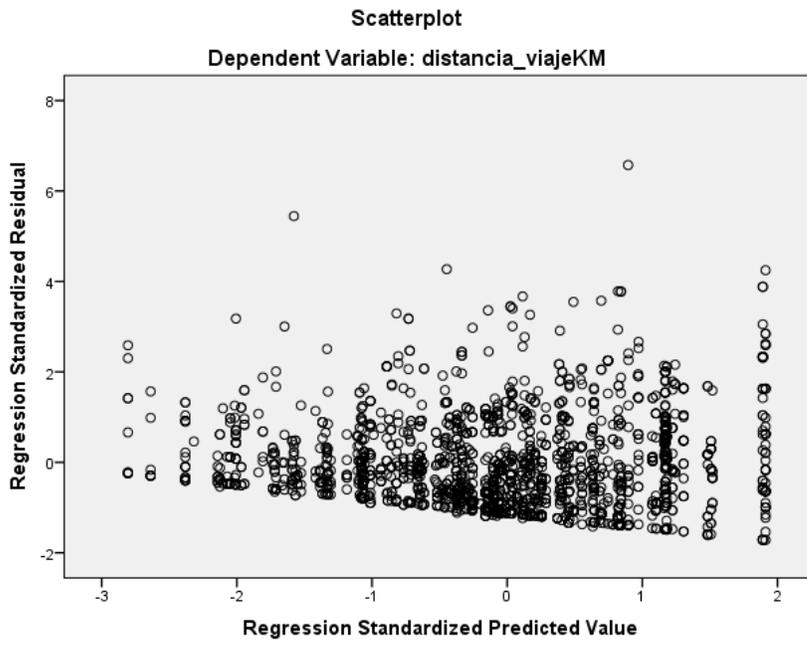
- Modelo: ecuación 5.5



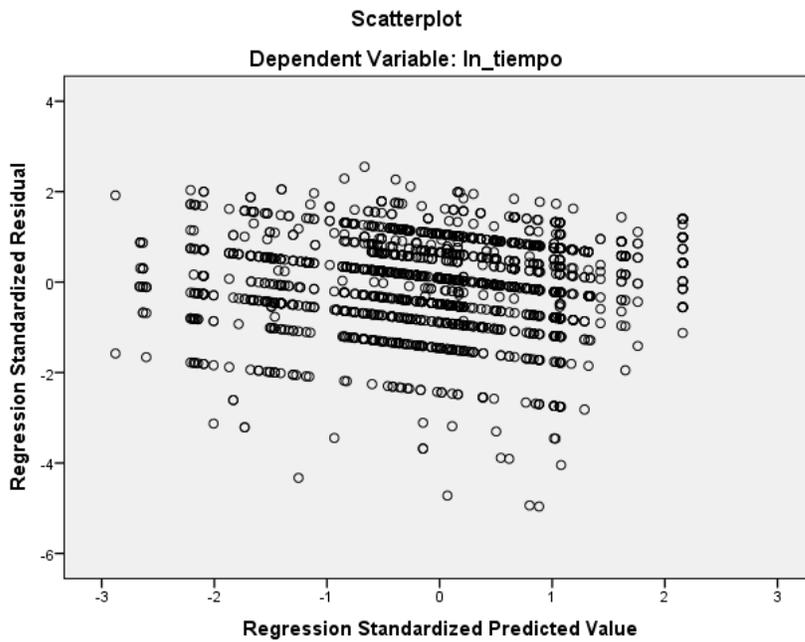
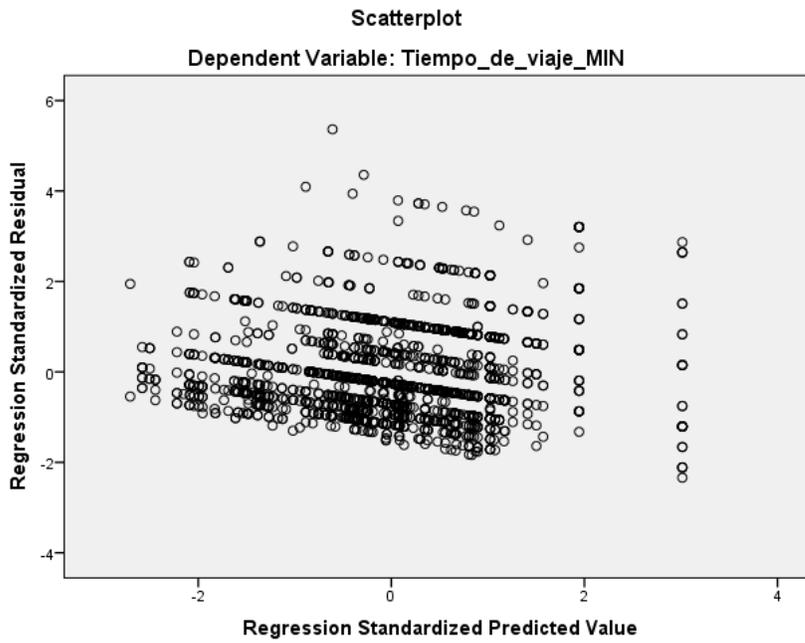
- Modelo: ecuación 5.6



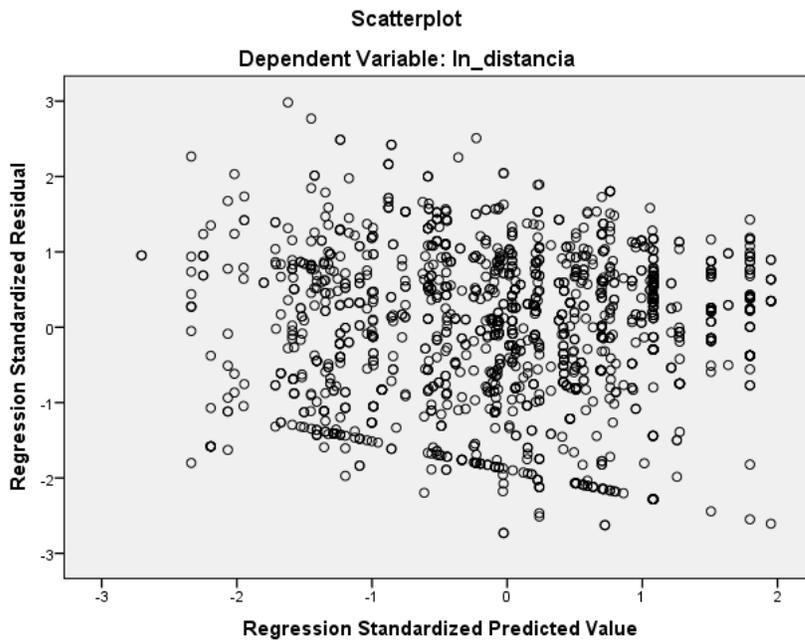
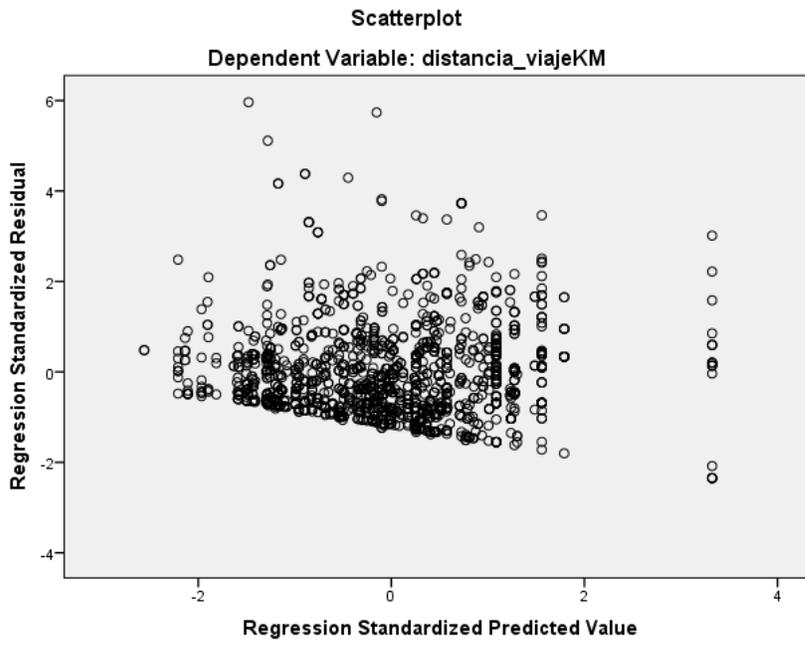
- Modelo: ecuación 5.7



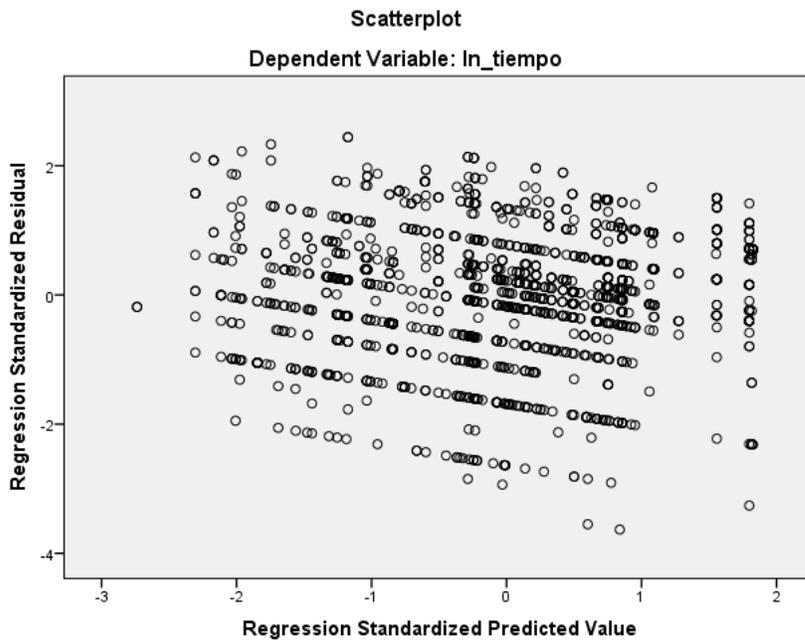
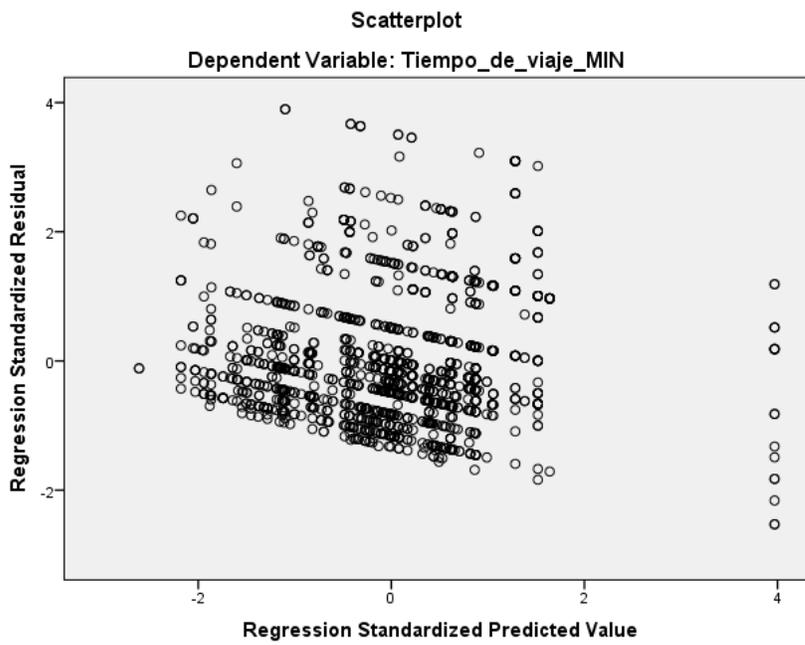
- Modelo: ecuación 5.8



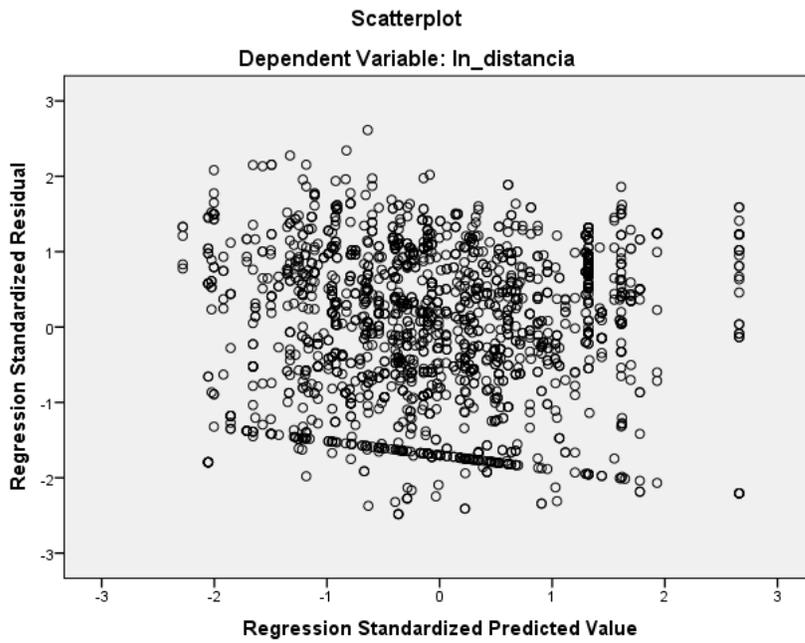
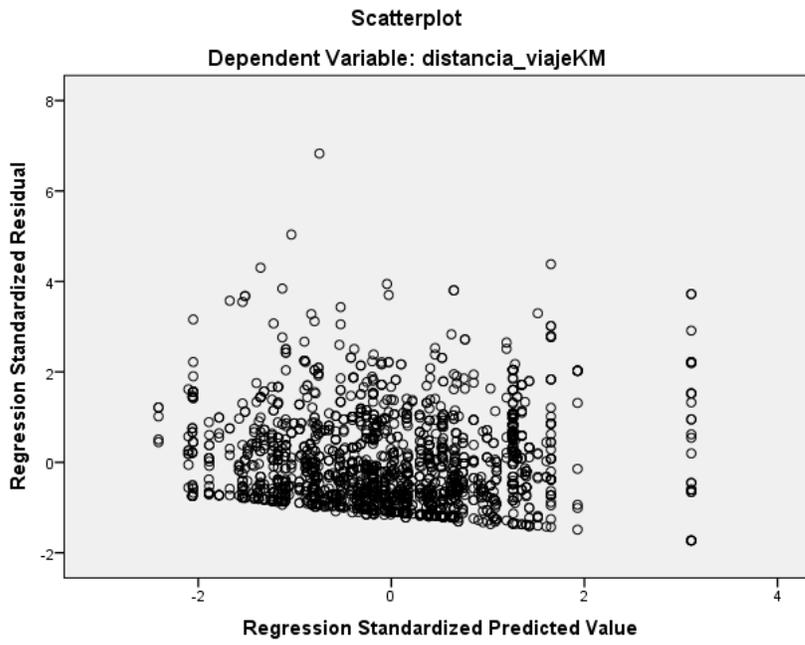
- Modelo: ecuación 5.9



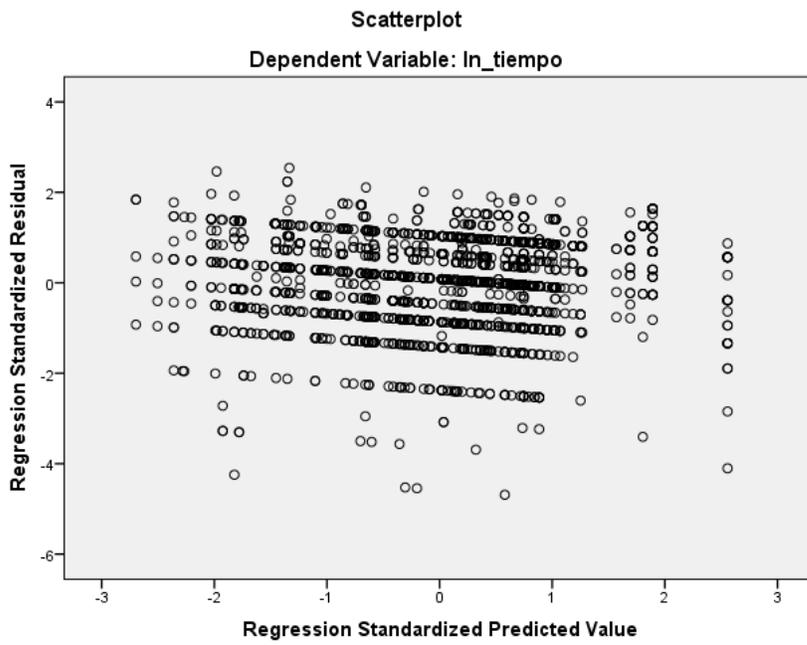
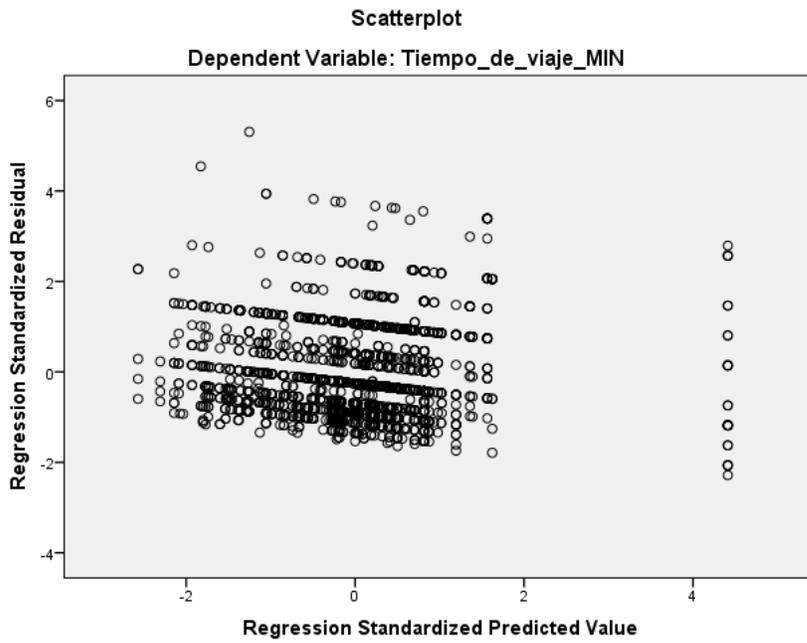
- Modelo: ecuación 5.10



- Modelo: ecuación 5.11



- Modelo: ecuación 5.12



Anexo 3: Selección de las variables de potencial de acceso a empleo

Como se explicó, en esta investigación se calcularon diversas variables de potencial de acceso a empleo (total, en el sector terciario y en el sector industrial) a fin de seleccionar la que mejor se ajustara a los modelos de regresión planteados. Para más detalles consultar los apartados 4.6.1 y del 5.1.1 al 5.1.3 de este trabajo. A continuación se presentan los resultados de las regresiones para las variables de potencial con los distintos exponentes de la distancia propuestos (1, 1.5 o 2), ya empleando los modelos que mejor se ajustaban a las variables de potencial de acceso a empleo en cada caso (es decir: lineal, logarítmico o polinomial).

- Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro AF: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 1
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.146 R² ajustada= 0.145

Error estándar de estimación: 4.5890881

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	28.390	1.388		
Ln (totalVTD10_dividido)	-5.752	0.362	-.382	-15.869	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AG: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 2
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.145 R² ajustada= 0.144

Error estándar de estimación: 4.5916894

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	17.341	.699		
Ln (totalVTD15_dividido)	-3.516	0.222	-.380	-15.807	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AH: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 3
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.139 R² ajustada= 0.138

Error estándar de estimación: 4.6076925

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	12.683	.422		
Ln (totalVTD20_dividido)	-2.444	0.158	-.372	-15.424	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_t con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_t que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_t con el exponente de la distancia de 1.

Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro AI: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 4
(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.116 R² ajustada= 0.116

Error estándar de estimación: 29.6067612

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	169.032	8.953		
Ln (totalVTD10_dividido)	-32.603	2.338	-.341	-13.942	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AJ: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 5
(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.121 R² ajustada= 0.120

Error estándar de estimación: 29.5306194

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	107.809	4.498		
Ln (totalVTD15_dividido)	-20.383	1.431	-.348	-14.248	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AK: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 6
(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.122 R² ajustada= 0.121

Error estándar de estimación: 29.5118340

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	81.747	2.700		
Ln (totalVTD20_dividido)	-14.535	1.015	-.349	-14.323	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_t con exponente de la distancia de 2 presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1 y de 1.5, por lo que la variable de Pae_t que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_t con el exponente de la distancia de 2.

Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro AL: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 7
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD10)

Número de casos: 1957 R²= 0.092 R² ajustada= 0.091

Error estándar de estimación: 4.4777130

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	17.622	1.193		14.767	0.000
totalVTD10_dividido	-0.419	0.052	-1.268	-8.036	0.000
(totalVTD10_dividido) ²	0.003	0.001	1.010	6.402	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AM: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 8
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD15)

Número de casos: 1957 R²= 0.085 R² ajustada= 0.084

Error estándar de estimación: 4.4934458

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	11.558	.495		23.360	0.000
totalVTD15_dividido	-0.357	0.038	-.908	-9.306	0.000
(totalVTD15_dividido) ²	0.005	0.001	.677	6.941	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AN: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 9
(variable dependiente distancia y variable independiente totalVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.073 R² ajustada= 0.072

Error estándar de estimación: 4.5244217

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	9.352	.306		30.559	0.000
totalVTD20_dividido	-0.311	0.031	-.730	-9.911	0.000
(totalVTD20_dividido) ²	0.005	0.001	.541	7.348	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_t con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_t que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje para transporte privado, consideró la variable de Pae_t con el exponente de la distancia de 1.

Cuadro AO: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 10

(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD10)

Número de casos: 1957 $R^2=$ 0.067 R^2 ajustada= 0.066

Error estándar de estimación: 22.3539686

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	108.018	6.265		
Ln (totalVTD10_dividido)	-18.800	1.625	-.258	-11.572	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AP: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 11

(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD15)

Número de casos: 1957 $R^2=$ 0.068 R^2 ajustada= 0.068

Error estándar de estimación: 22.3379429

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	72.455	3.179		
Ln (totalVTD15_dividido)	-11.643	0.995	-.261	-11.696	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AQ: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 12
(variable dependiente tiempo y variable independiente totalVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.066 R² ajustada= 0.066

Error estándar de estimación: 22.3618629

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	57.217	1.934		
Ln (totalVTD20_dividido)	-8.138	0.707	-.257	-11.510	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_t con exponente de la distancia de 1.5 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_t con inversos de la distancia de 1 y de 2, por lo que la variable de Pae_t que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje para transporte privado, consideró la variable de Pae_t con el exponente de la distancia de 1.5.

Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro AR: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 1
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.131 R² ajustada= 0.130

Error estándar de estimación: 4.6289320

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	16.155	.776		
tercVTD10_dividido	-0.662	0.060	-1.234	-11.095	0.000
(tercVTD10_dividido) ²	0.009	0.001	.961	8.645	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AS: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 2
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.115 R² ajustada= 0.114

Error estándar de estimación: 4.6712349

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	11.226	.386		29.109	0.000
tercVTD15_dividido	-0.582	0.049	-.953	-11.827	0.000
(tercVTD15_dividido) ²	0.011	0.001	.730	9.062	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AT: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 3
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.095 R² ajustada= 0.093

Error estándar de estimación: 4.7256780

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	9.374	.271		34.530	0.000
tercVTD20_dividido	-0.528	0.047	-.805	-11.202	0.000
(tercVTD20_dividido) ²	0.011	0.001	.623	8.665	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_x con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_x que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_x con el exponente de la distancia de 1.

Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro AU: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 4
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.114 R² ajustada= 0.113

Error estándar de estimación: 29.6571130

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	95.294	4.974		19.157	0.000
tercVTD10_dividido	-3.276	0.382	-.963	-8.572	0.000
(tercVTD10_dividido) ²	0.039	0.007	.675	6.013	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AV: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 5
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.108 R² ajustada= 0.106

Error estándar de estimación: 29.7632925

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	71.768	2.457		29.206	0.000
tercVTD15_dividido	-3.153	0.314	-.814	-10.055	0.000
(tercVTD15_dividido) ²	0.051	0.007	.560	6.918	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro AW: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 6
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.096 R² ajustada= 0.095

Error estándar de estimación: 29.9467937

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	62.388	1.720		36.265	0.000
tercVTD20_dividido	-3.063	0.299	-.736	-10.251	0.000
(tercVTD20_dividido) ²	0.056	0.008	.512	7.125	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_x con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_x que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_x con el exponente de la distancia de 1.

Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro AX: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 7
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD10)

Número de casos: 1957 $R^2=$ 0.088 R^2 ajustada= 0.087

Error estándar de estimación: 4.4864144

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	17.880	.890		
Ln (tercVTD10_dividido)	-3.859	0.288	-.296	-13.408	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AY: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 8
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD15)

Número de casos: 1957 $R^2=$ 0.083 R^2 ajustada= 0.083

Error estándar de estimación: 4.4968406

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	11.769	.452		
Ln (tercVTD15_dividido)	-2.441	0.187	-.289	-13.049	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro AZ: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 9
(variable dependiente distancia y variable independiente tercVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.075 R² ajustada= 0.074

Error estándar de estimación: 4.5175941

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	9.207	.279		
Ln (tercVTD20_dividido)	-1.740	0.141	-.274	-12.310	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_x con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_x que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje para transporte privado, consideró la variable de Pae_x con el exponente de la distancia de 1.

Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro BA: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 10
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD10)

Número de casos: 1957 R²= 0.087 R² ajustada= 0.087

Error estándar de estimación: 22.1069616

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	94.044	4.386		
Ln (tercVTD10_dividido)	-18.975	1.418	-.295	-13.379	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BB: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 11
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD15)

Número de casos: 1957 R²= 0.084 R² ajustada= 0.084

Error estándar de estimación: 22.1422182

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	64.224	2.227		
Ln (tercVTD15_dividido)	-12.094	0.921	-.290	-13.133	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BC: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 12
(variable dependiente tiempo y variable independiente tercVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.077 R² ajustada= 0.077

Error estándar de estimación: 22.2252364

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	51.703	1.371		
Ln (tercVTD20_dividido)	-8.717	0.695	-.278	-12.539	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_x con exponente de la distancia de 1 presentó una mejor R^2 en comparación con las variables de Pae_x con inversos de la distancia de 1.5 y de 2, por lo que la variable de Pae_x que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje para transporte privado, consideró la variable de Pae_x con el exponente de la distancia de 1.

Transporte público: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro BD: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 1

(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.078 R² ajustada= 0.078

Error estándar de estimación: 4.7663255

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	17.435	.988		
Ln (manuVTD10_dividido)	-3.490	0.311	-.280	-11.209	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BE: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 2

(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.087 R² ajustada= 0.087

Error estándar de estimación: 4.7436554

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	12.017	.485		
Ln (manuVTD15_dividido)	-2.325	0.196	-.295	-11.875	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BF: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 3

(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.097 R² ajustada= 0.096

Error estándar de estimación: 4.7179692

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	9.620	.280		
Ln (manuVTD20_dividido)	-1.776	0.141	-.311	-12.596	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_y con exponente de la distancia de 2 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5, por lo que la variable de Pae_y que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_y con el exponente de la distancia de 2.

Transporte público: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro BG: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 4
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD10)

Número de casos: 1509 R²= 0.048 R² ajustada= 0.048

Error estándar de estimación: 30.7254103

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	99.344	6.368		
Ln (manuVTD10_dividido)	-17.368	2.007	-.220	-8.654	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BH: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 5
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD15)

Número de casos: 1509 R²= 0.056 R² ajustada= 0.056

Error estándar de estimación: 30.5929913

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	73.091	3.127		
Ln (manuVTD15_dividido)	-11.872	1.263	-.238	-9.400	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BI: Transporte público: resultados de la prueba de regresión 6
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD20)

Número de casos: 1509 R²= 0.067 R² ajustada= 0.067

Error estándar de estimación: 30.4173723

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	61.415	1.806		34.015	0.000
Ln (manuVTD20_dividido)	-9.381	0.909	-.259	-10.319	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_y con exponente de la distancia de 2 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5, por lo que la variable de Pae_y que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje para transporte público, consideró la variable de Pae_y con el exponente de la distancia de 2.

- Transporte privado: pruebas de regresión para “distancia” como variable dependiente

Cuadro BJ: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 7
(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD10)

Número de casos: 1957 R²= 0.027 R² ajustada= 0.027

Error estándar de estimación: 4.6320296

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	12.088	.841		14.366	0.000
Ln (manuVTD10_dividido)	-1.910	0.263	-.166	-7.263	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BK: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 8
(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD15)

Número de casos: 1957 R²= 0.032 R² ajustada= 0.031

Error estándar de estimación: 4.6217502

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	9.208	.420		21.921	0.000
Ln (manuVTD15_dividido)	-1.301	0.166	-.178	-7.831	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BL: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 9
(variable dependiente distancia y variable independiente manuVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.037 R² ajustada= 0.037

Error estándar de estimación: 4.6088686

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	7.941	.249		31.854	0.000
Ln (manuVTD20_dividido)	-1.023	0.120	-.193	-8.494	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_y con exponente de la distancia de 2 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5, por lo que la variable de Pae_y que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con la distancia promedio de viaje en transporte privado, consideró la variable de Pae_y con el exponente de la distancia de 2.

- Transporte privado: pruebas de regresión para “tiempo” como variable dependiente

Cuadro BM: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 10
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD10)

Número de casos: 1957 R²= 0.014 R² ajustada= 0.013

Error estándar de estimación: 22.9778464

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	57.037	4.174		13.665	0.000
Ln (manuVTD10_dividido)	-6.703	1.304	-.118	-5.138	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BN: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 11
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD15)

Número de casos: 1957 R²= 0.017 R² ajustada= 0.016

Error estándar de estimación: 22.9432774

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	47.197	2.085		22.633	0.000
Ln (manuVTD15_dividido)	-4.675	0.825	-.130	-5.668	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BO: Transporte privado: resultados de la prueba de regresión 12
(variable dependiente tiempo y variable independiente manuVTD20)

Número de casos: 1957 R²= 0.021 R² ajustada= 0.020

Error estándar de estimación: 22.8954420

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	42.856	1.238		34.604	0.000
Ln (manuVTD20_dividido)	-3.788	0.598	-.145	-6.333	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las regresiones mostraron que la variable de Pae_y con exponente de la distancia de 2 presentó una mejor R² en comparación con las variables de Pae_y con inversos de la distancia de 1 y de 1.5, por lo que la variable de Pae_y que fue incluida en el modelo de regresión que relacionó la forma urbana con el tiempo promedio de viaje en transporte privado, consideró la variable de Pae_y con el exponente de la distancia de 2.

Anexo 4: Sub-modelos de regresión

Cada uno de los modelos de regresión que relacionaron la forma urbana y la movilidad urbana tuvo dos submodelos, en los cuales se consideraron por separado: i) las variables independientes de potencial de acceso a empleo; ii) las variables independientes de ingreso. Los resultados de las regresiones según los submodelos descritos se presentan a continuación.

Resultados de los sub-modelos: transporte público y distancia

Cuadro BP: Regresión considerando la variable independiente de: ingreso

Número de casos: 1460 R²= 0.046 R² ajustada= 0.045
 Error estándar de estimación: 0.8455332

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	3.026	.181		
ln(smm_zona_transporte)	-1.030	0.123	-.214	-8.349	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BQ: Regresión considerando la variable independiente de: potencial de acceso a empleo total

Número de casos: 1479 R²= 0.147 R² ajustada= 0.146
 Error estándar de estimación: 0.8052412

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	5.401	.244		
ln(totalVTD10)	-1.013	0.064	-.383	-15.931	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BR: Regresión considerando las variables independientes de:
potencial de acceso a empleo terciario

Número de casos: 1479 R²= 0.118 R² ajustada= 0.117

Error estándar de estimación: 0.8187439

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	2.867	.137		
tercVTD10	-0.084	0.011	-.888	-7.927	0.000
(tercVTD10) ²	0.001	0.000	.582	5.198	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BS: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo industrial

Número de casos: 1479 R²= 0.097 R² ajustada= 0.096

Error estándar de estimación: 0.8284023

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	2.092	.049		
ln(manuVTD20)	-0.312	0.025	-.311	-12.584	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Resultados de los sub-modelos: transporte público y tiempo

Cuadro BT: Regresión considerando la variable independiente de: ingreso

Número de casos: 1460 R²= 0.065 R² ajustada= 0.064

Error estándar de estimación: 0.7436629

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	Constante	5.117	.159		
ln(smm_zona_transporte)	-1.092	0.108	-.255	-10.067	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BU: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo total

Número de casos: 1479 R²= 0.131 R² ajustada= 0.130

Error estándar de estimación: 0.7188106

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.477	.066		68.069	0.000
ln(totalVTD20)	-0.369	0.025	-.362	-14.927	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BV: Regresión considerando las variables independientes de:
potencial de acceso a empleo terciario

Número de casos: 1479 R²= 0.122 R² ajustada= 0.121

Error estándar de estimación: 0.7227488

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.595	.121		37.902	0.000
tercVTD10	-0.063	0.009	-.756	-6.767	0.000
(tercVTD10) ²	0.001	0.000	.430	3.848	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro BW: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo industrial

Número de casos: 1479 R²= 0.064 R² ajustada= 0.063

Error estándar de estimación: 0.7460676

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.935	.044		88.865	0.000
ln(manuVTD20)	-0.224	0.022	-.253	-10.044	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Resultados de los sub-modelos: transporte privado y distancia

Cuadro BX: Regresión considerando la variable independiente de: ingreso

Número de casos: 1875 R²= 0.004 R² ajustada= 0.003

Error estándar de estimación: 0.8725908

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	1.712	.094		18.307	0.000
smm_zona_transporte	-0.058	0.021	-.063	-2.734	0.006

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BY: Regresión considerando la variable independiente de: ingreso¹²⁴

Número de casos: 1848 R²= 0.000 R² ajustada= 0.000

Error estándar de estimación: 0.8676806

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	1.545	.167		9.269	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.064	0.113	-.013	-0.564	0.573

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro BZ: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo total

Número de casos: 1875 R²= 0.075 R² ajustada= 0.074

Error estándar de estimación: 0.8410111

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.190	.224		14.234	0.000
totalVTD10	-0.059	0.010	-.964	-6.058	0.000
(totalVTD10) ²	0.000	0.000	.716	4.497	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

¹²⁴ En los modelos utilizados para relacionar la distancia de viaje al trabajo con la forma urbana se utilizaron dos diferentes variables de ingreso, la variable de ingreso original de la base de datos (ecuaciones 5.7 y 5.11) y el logaritmo natural de la variable de ingreso original (ecuación 5.3), ya que se seleccionó la variable (ya sea original o con la transformación logarítmica) según fuera lo más adecuado para cumplir con la condición de homocedasticidad del modelo.

Cuadro CA: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo terciario

Número de casos: 1875 R²= 0.073 R² ajustada= 0.072

Error estándar de estimación: 0.8419759

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.472	.167		20.785	0.000
ln(tercVTD10)	-0.654	0.054	-.270	-12.112	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Cuadro CB: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo industrial

Número de casos: 1875 R²= 0.034 R² ajustada= 0.033

Error estándar de estimación: 0.8594416

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	1.803	.046		38.774	0.000
ln(manuVTD20)	-0.182	0.022	-.184	-8.090	0.000

Variable dependiente: Distancia_de_viaje_KM

Fuente: elaboración propia

Resultados de los sub-modelos: transporte privado y tiempo

Cuadro CC: Regresión considerando la variable independiente de: ingreso

Número de casos: 1848 R²= 0.025 R² ajustada= 0.024

Error estándar de estimación: 0.7316970

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.297	.141		30.553	0.000
ln(smm_zona_transporte)	-0.656	0.096	-.158	-6.862	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro CD: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo total

Número de casos: 1875 R²= 0.053 R² ajustada= 0.052

Error estándar de estimación: 0.7236037

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	4.380	.103		42.523	0.000
ln(totalVTD15)	-0.329	0.032	-.229	-10.193	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro CE: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo terciario

Número de casos: 1875 R²= 0.076 R² ajustada= 0.076

Error estándar de estimación: 0.7144251

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	5.097	.142		35.953	0.000
ln(tercVTD10)	-0.571	0.046	-.277	-12.450	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

Cuadro CF: Regresión considerando la variable independiente de:
potencial de acceso a empleo industrial

Número de casos: 1875 R²= 0.012 R² ajustada= 0.011

Error estándar de estimación: 0.7390632

Variables	Coeficientes No estandarizados		Coeficientes Estandarizados	T	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
Constante	3.514	.040		87.892	0.000
ln(manuVTD20)	-0.091	0.019	-.108	-4.701	0.000

Variable dependiente: Tiempo_de_viaje_MIN

Fuente: elaboración propia

La autora es Arquitecta egresada del Instituto Tecnológico de Tijuana, en Baja California, México. Se ha desarrollado en el sector de la construcción habitacional y en el área del diseño arquitectónico. Egresada de la Maestría en Administración Integral del Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte.

Correo electrónico: daliland@hotmail.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

Ramos Ortiz, Dalila (2014). “Relación entre forma urbana, movilidad a través de transporte motorizado y emisiones de GEI en Tijuana, B.C.”. Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte, A.C. México. 159 pp.