



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO
FACULTAD DE GEOGRAFÍA**



**JUSTICIA ESPACIAL: TRANSPORTE PÚBLICO
Y CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD AL TREN
INTERURBANO EN LA ZONA METROPOLITANA
DE TOLUCA – TIANGUISTENCO, 2022**

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO

EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GEOINFORMÁTICA

PRESENTA

EDWIN ALVARO MENDOZA PÉREZ

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTORA

DRA. RAQUEL HINOJOSA REYES

CODIRECTORES

DR. RODRIGO HUITRÓN RODRÍGUEZ

DR. VLADIMIR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Contenido

Introducción	5
Planteamiento del problema.....	7
Justificación.....	8
Objetivos	9
Capítulo I: Revisión de literatura	11
Antecedentes de la justicia y el espacio	12
Producción del espacio y el estudio de las ciudades	14
La justicia en la sociedad	18
La espacialidad de la justicia.....	20
La accesibilidad como medida de la justicia en el espacio	22
Justicia espacial y acceso al transporte público	26
Antecedentes del servicio ferroviario de transporte de pasajeros en México.....	29
Capítulo II: Contexto urbano, económico, social y de transporte de la zona de estudio ...	33
Delimitación de la zona de estudio	34
Contexto regional de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco	37
Distribución de la población en la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco.....	39
Actividad económica de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco	44
Caracterización del tren interurbano México – Toluca	48
Caracterización del transporte en la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco....	58
Capítulo III: Marco metodológico.....	67
Desarrollo del Índice de Rezago Social para la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco.....	68
Medidas de la interacción espacial del tren interurbano en la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco	73
Capítulo IV: Resultados	84
Rezago social en la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco	85
Movilidad urbana en la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco	88
Conectividad del tren interurbano México – Toluca en la zona metropolitana de Toluca de Tianguistenco.....	93
Accesibilidad al tren interurbano México – Toluca en la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco.....	100
Conclusiones	109
Discusión	115
Recomendaciones.....	118
Referencias	120
Anexo	135

Introducción

El desarrollo urbano en México ha generado importantes desafíos a los hacedores de política, principalmente en términos de accesibilidad territorial y distribución equitativa de los bienes públicos de las zonas metropolitanas de rápido desarrollo. Uno de estos retos ha sido el garantizar que la infraestructura de transporte público beneficie de manera igualitaria a todos los sectores de la población.

Dentro de este contexto, el Tren Interurbano México-Toluca (TIMT), recientemente denominado como “El Insurgente”, representa una de las obras de infraestructura ferroviaria más ambiciosas de las últimas décadas. Este proyecto está diseñado para mejorar la conectividad del poniente de la Ciudad de México y la zona metropolitana de Toluca y la de Tianguistenco (ZMTT), el cual será inaugurado en todas sus estaciones para el primer semestre de 2025.

Sin embargo, la falta de certeza de los planes de conectividad entre las estaciones del TIMT y las rutas del transporte público para la región de Toluca y Tianguistenco plantea cuestionamientos sobre los impactos que pueda tener para la región, especialmente en la accesibilidad de las comunidades marginadas.

En este contexto, la presente investigación busca realizar un análisis sobre el estado actual de la accesibilidad de las personas de la ZMTT a las estaciones del tren a través del uso de las redes de transporte público y determinar si su construcción genera justicia espacial.

El trabajo terminal de grado se divide en 4 capítulos. En el primero se revisa el marco teórico que existe alrededor de la pobreza y marginación desde el punto de vista de la justicia espacial y su relación con la accesibilidad a los servicios de transporte público. En el segundo capítulo se realiza una descripción socioeconómica de la zona de estudio. En el tercero se describe el marco metodológico con el que se realizó el proceso de investigación.

En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de los modelos. Al final del documento se presentan las conclusiones.

Planteamiento del problema

Las ciudades se caracterizan por generar economías de aglomeración, donde es el centro geográfico el que contiene las mejores oportunidades de empleo, educación y bienes públicos de aprovechamiento para su población. Sin embargo, uno de los problemas de las últimas décadas es el poder resolver el tema de accesibilidad a través de redes eficientes de transporte público que disminuyan el uso del automóvil, promuevan nuevas formas de movilidad y contribuyan a la mitigación de contaminantes.

De acuerdo con el Centro Mario Molina (2014), en la zona metropolitana de Toluca el transporte público se caracteriza por ser el modo de viaje más usado, pues 3 de cada cuatro viajes se realizan en este servicio, sin embargo, la población lo percibe como peligroso, inseguro, de mala calidad y lento, pues el promedio de tiempo de viaje es hasta 4 veces más en comparación con el del auto privado. Estas condiciones afectan principalmente a las personas menos favorecidas pues se enfrentan a viajes más largos en un servicio deficiente acrecentando las desigualdades con aquellas personas que pueden adquirir un automóvil privado para hacer frente a estas condiciones.

A pesar de que el TIMT surgió como una respuesta a la crisis vial que se ha registrado en la carretera México – Toluca, en su planeación, a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2013), no se realizó un análisis de los impactos sociales en la región conurbada de Toluca. Los parámetros sociales se redujeron a estudios de mercado y de diagnósticos de la demanda de transporte, pero no en resolver los problemas de conectividad ya existentes.

Los problemas relacionados con el transporte público han estado presentes en la vida cotidiana de las personas que viven en la ZMTT, pero poco han sido atendidas por el

Gobierno. En el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017 – 2023 (Gobierno del Estado de México, 2018) dentro del apartado “2.5.2 ESTRATEGIA: Construir infraestructura resiliente para una mayor y mejor movilidad y conectividad”, se establecen las líneas de acción para la gestión de la movilidad urbana del Estado de México, donde destaca la ausencia de parámetros que ayuden a disminuir las desigualdades territoriales existentes a través del ordenamiento de las rutas de transporte público.

Con la nueva administración que gobernará el Estado de México en el periodo 2023 – 2029, se publicó el llamado “Plan Colibrí” (Gobierno del Estado de México, 2023) que contempla la construcción de corredores alimentadores del tren, sin embargo, aún no hay información de cuáles serán los tipos de modos de transporte o sus trazos.

Dado lo anterior, la apertura de las estaciones del tren “El Insurgente” no necesariamente va a beneficiar a toda la región de Toluca, pues esta se enfrenta a problemas de conectividad en su transporte público, dada por su deficiente regulación y planeación, aunado a los problemas de calidad en el servicio brindado.

Justificación

Diferentes instituciones tanto públicas, académicas y privadas (Leal Vallejo et al., 2020; Talavera & Valenzuela, 2014; Veloz, 2015) han contribuido a la formulación de metodologías para que los gobiernos locales puedan formular sus planes de movilidad, con estrategias que fomentan la sustentabilidad, el ordenamiento territorial, uso del transporte público sobre el privado, además de incrementar los viajes en bicicleta o peatonal.

Los diferentes enfoques coinciden en que los gobiernos deben trabajar, al menos, 4 etapas en la planeación de la movilidad: i) una evaluación y/o modificación del marco normativo; ii) la evaluación diagnóstica del área de influencia del plan; iii) las propuestas de intervención; y iv) la implementación y monitoreo de las acciones llevadas a cabo. Sin embargo, generalmente la segunda etapa, centrada en un diagnóstico detallado de accesibilidad y

equidad, no se aborda con la profundidad necesaria, limitando la capacidad de las políticas públicas para atender las necesidades de los lugares más vulnerables.

En este contexto, la presente investigación buscar aportar a la segunda etapa una metodología que permite la identificación de las áreas segregadas por la localización actual de las estaciones del TIMT y su conectividad a través del transporte público. Utilizando métodos cuantitativos el estudio no solo permite abonar a los estudios académicos relacionados con la accesibilidad, la justicia espacial y el transporte público, sino que ofrece una visión complementaria para que los hacedores de política puedan observar los comportamientos sociales que se generan a partir de la construcción de obras de gran magnitud y mejorar la toma de decisiones en beneficio de los lugares marginados.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el grado de accesibilidad de la población de la Zona Metropolitana de Toluca – Tianguistenco a las estaciones del Tren Interurbano a través de las redes de transporte público.

Objetivos Particulares

1. Caracterizar los aspectos económicos, sociales y territoriales de la Zona Metropolitana de Toluca – Tianguistenco a partir de técnicas de análisis espacial.
2. Implementar un índice de accesibilidad territorial a las estaciones del tramo I del Tren Interurbano que categorice las regiones segregadas socio-espacialmente de la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco.

Preguntas de investigación

¿Cuál es la configuración territorial de la economía, de la población y de movilidad en la ZMTT?

¿Cómo se articulan las redes de transporte público en la ZMTT? ¿Podrán brindar acceso a las estaciones del tramo I del TIMT? ¿Qué áreas podrán llegar más fácilmente al TIMT?

¿Teniendo en cuenta el marco poblacional y la conectividad por medio del transporte público de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco, qué áreas serán segregadas por la construcción de las estaciones del tramo I del Tren Interurbano México – Toluca?

Capítulo I: Revisión de literatura

La presente investigación se basa en los principios teóricos de la *Justicia Espacial*, desarrollada a principios de los años dos mil, mayormente impulsada por Soja. Esto con el fin de poder medir cómo se modifican los patrones de rezago social en la población de la zona de estudio. Por lo tanto, el presente capítulo se enfoca en la investigación del estado del arte, comenzando con su historia, su formulación, hasta las aplicaciones contemporáneas al tema del transporte. Además, se añaden apartados de la explicación del término de *accesibilidad*, como la medida que contribuye a la determinación de justicia en el espacio.

Antecedentes de la justicia y el espacio

El espacio es el lugar físico – geográfico en el que ocurren interacciones económicas, políticas y sociales. Es donde lo abstracto se vuelve concreto. Aquí, la ubicación de la dotación de infraestructura y de bienes públicos básicos pueden multiplicar las oportunidades de ciertos grupos poblacionales.

Este tipo de espacio, como elemento que influye sobre la vida de las personas, tuvo una gran influencia en los trabajos académicos y la vida pública hasta los tardíos noventa y principios de los años dos mil. Previo a esto, diversos urbanistas habían señalado al territorio y a las regiones como modificadores de relaciones principalmente económicas.

Hacia mediados del siglo XX, Gottmann (1957) populariza el término de megalópolis describiéndola como la suma de metrópolis. Surge en Estados Unidos como una propuesta para poder estudiar y, sobre todo, regular su crecimiento, pues se caracterizan por ser zonas urbanas de gran concentración de actividad económica, política y social que superan los límites administrativos. Estas capas del territorio contienen en su extensión una infraestructura que generalmente no es continua, pero que se encuentran estrechamente relacionadas, sobre todo a través de una interdependencia económica entre uno o más centros.

Uno de los trabajos más destacados fue el realizado por la urbanista Jacobs (1969), quien en su obra “La economía de las ciudades” exponía que la aglomeración (territorial) de empresas es el motor de desarrollo de las regiones.

Posterior a la década de los setenta, hubo una ruptura en los desarrollos de estudios regionales y urbanos. Por una parte, los que se insertaban en las tendencias de la globalización de las ciudades, donde analizaban los territorios a nivel de países o de regiones estratégicas para la economía. Por otra parte, crecieron los estudios críticos de los modelos de desarrollo económico, donde las desigualdades y la pobreza era su centro de atención, pero aún caracterizados por ser investigaciones *aespaciales* (Soja, 2010).

A finales de la década de los 60s, alrededor del mundo surgieron diferentes movimientos sociales con la consigna de realizar protestas hacia las formas en que se pensaban y se construían las ciudades, pues estos modelos creaban marginación en los diferentes grupos de la población. A partir de esto, surgieron distintos académicos que, desde la llamada *geografía radical*, buscaban estudiar temas como la desigualdad social, el capitalismo, la inequidad o las injusticias, fuertemente influenciados por la ideología marxista (Higueras Arnal, 2003).

Es en este momento histórico donde el término de *justicia espacial* tiene sus raíces. Surgió como una respuesta al descontrolado crecimiento de las urbes que generó una notable desigualdad económica y de oportunidades entre la población. Creando formas de exclusión social que no se habían visto, al tiempo que pequeños grupos de poder económico y político se apropiaban de los recursos y el espacio (Ferrari & Bozzano, 2019).

La justicia y el espacio son dos conceptos que habían sido estudiados de forma separada. El primero como un derecho democrático individualizado, mientras que el segundo había

sido relegado debido a las dificultades tecnológicas que representaba el análisis del territorio.

Para poder analizar cómo es que el transporte público puede contribuir a disminuir o reforzar las estructuras territoriales que generan inequidad, en los siguientes apartados se desarrollan el término de *justicia espacial*, posteriormente, se inserta a la *accesibilidad* como una métrica que permite espacializar el grado de (in)justicia generada por la ubicación de las redes de transporte.

Producción del espacio y el estudio de las ciudades

A través del tratamiento teórico del concepto de *justicia espacial*, Soja (2010) coloca al espacio geográfico como un tercer elemento de la interacción humana, siendo la social e histórica las que completan este triángulo (Link L., 2011). En este marco, Soja señala que somos *seres espaciales*, ya que el entorno influye sobre el desarrollo de la población y, por consecuencia, en el de las ciudades.

Previo a los aportes de Soja, pocos autores trataron al espacio de un modo teórico para el desarrollo de conocimiento sobre el crecimiento de las ciudades, posiblemente por la falta de herramientas tecnológicas que pudieran medir el impacto del espacio geográfico en la sociedad o simplemente por mirar hacia otro lado.

Como lo explica el propio Soja (2010), es el geógrafo francés Henry Lefebvre quien se convirtió en uno de los primeros autores en otorgar un valor central al territorio, pues consideraba que el capitalismo se reproducía a través de la configuración del espacio, pensamiento que lo llevó más tarde a acuñar el concepto de *derecho a la ciudad*.

En su obra de 1974, Lefebvre abordó al espacio como aquel que es producido en sociedad a través de la constante interacción entre las fuerzas políticas, económicas, sociales y culturales que lo configuran, pero, al mismo tiempo, como el escenario de constantes

contradicciones. En otras palabras, para Lefebvre la producción del espacio no se limita a la creación de bienes materiales, sino que implica la generación de relaciones sociales y de poder que dan forma al espacio urbano y condicionan la vida de las personas que lo habitan.

Para Lefebvre (1974) estas fuerzas son capaces de modificar y transformar la estructura del espacio, pero, al ser una lucha constante entre entidades, se forman relaciones hegemónicas de poder que son las que realmente construyen el espacio para favorecer a un cierto sector social. En este sentido, el espacio se puede entender como una construcción social que refleja las relaciones de poder y las luchas políticas que pueden ocurrir en una sociedad determinada.

De acuerdo con Lefebvre (1974), el espacio se puede dividir en tres formas: i) como un espacio percibido, formado objetiva y materialmente; ii) como espacio concebido, representado de forma subjetiva a través de ideologías o imágenes; y iii) como un espacio social, este último fue uno de sus aportes más revolucionarios, pues pensaba que el ser humano no solo era social y temporal, sino que el espacio también configuraba su desarrollo.

Otro de los autores influyentes para la conceptualización del espacio es el geógrafo y teórico social británico David Harvey (Fainstein, 2014). Al igual que Lefebvre, Harvey (1973) pensaba que las relaciones capitalistas de poder configuran el territorio, marginando a la población y dejándolas sin oportunidad de intervenir en la construcción de su propia ciudad.

Harvey desarrolla el concepto de *justicia social*, el cual ha sido uno de los más influyentes dentro de la literatura de finales de los 90 y principios del milenio. Aquí entiende al espacio como el escenario donde se manifiestan las contradicciones del capitalismo, las cuales tienden a generar injusticias sociales.

Para Harvey, la planeación territorial es una herramienta de dos vías, donde, por un lado, puede contribuir a la disminución de la marginación a través de la distribución equitativa de los recursos esenciales para la población, o, por el contrario, puede ser utilizada para reforzar y perpetuar las desigualdades existentes.

Al existir estas desigualdades, Harvey (1973) menciona que la justicia social es un proceso por el que la sociedad en su conjunto es capaz de alcanzar la distribución equitativa de los recursos y de las oportunidades básicas, como la educación, la salud, la vivienda y la participación política, condiciones básicas para una vida digna.

Para Harvey (1982) el espacio no es una superficie plana y homogénea, donde los insumos del desarrollo económico existen de forma uniforme. Por el contrario, debido a sus propias condiciones geográficas, físicas, morfológicas e históricas, es más bien heterogénea. El territorio es un factor de desarrollo de las ciudades, debido a que su contenido puede ser en mayor o menor medida explotado por sus habitantes, pero, de forma cíclica y multiplicadora, el modo de producción (en la actualidad el capitalismo) es moldeador de las configuraciones e interacciones espaciales.

Siguiendo a Harvey (1982), en el capitalismo no existen garantías de equilibrios que lleven a la dispersión uniforme del desarrollo a lo largo del espacio. Lo que se encuentra son fuerzas que llevan a la aglomeración (geográfica) excesiva de la producción del capital, donde, aunado al rápido desarrollo tecnológico, de medios de comunicación e incluso de transporte, en una región (generalmente el centro) se crean zonas de desarrollo más abundantes que en otras.

De esta manera, Harvey entiende el espacio como el resultado de la influencia del modo de producción económica, donde los entes jerárquicos superiores tienen la capacidad de modificar la estructura a través de la aglomeración de los recursos. Mientras que las zonas

más alejadas quedan aisladas y en lucha permanente por tratar de recuperar parte del territorio perdido.

Uno de los conceptos más importante de Harvey (1973) es el proponer que una *distribución justa* solo podría existir si: i) la distribución de los ingresos garantiza las necesidades de la población, permiten la multiplicación de los efectos regionales, se contribuyen a superar las barreras impuestas por medios físicos y sociales; y ii) los mecanismos políticos, económicos, institucionales y organizacionales permitan el desarrollo de los lugares menos favorecidos (Alvarez Rojas, 2013; Smith, 2000).

A pesar de su formación como geógrafo, en las obras más influyentes de Harvey de principios de los 2000, su pensamiento toma un giro aespacial, volteando la mirada a realizar críticas sobre el capitalismo y la desigualdad en las ciudades modernas (Soja, 2010). Llevándolo hacia el análisis de la *justicia social* vista desde la distribución equitativa de la riqueza que permita la reducción de las desigualdades. Concepto que influyó en la formación de diversos autores (Smith, 2000) y permeó en múltiples áreas del estudio de las ciudades, incluyendo en el de transporte de personas (Enright, 2019).

Tradicionalmente, los estudios sobre marginación se centran en procesos económicos y sociales de forma aespacial, donde se daba un indicador global que estimaba el grado de pobreza de una región. El problema, como lo explica Garrocho Rangel & Campos Alanís (2013), es que este tipo de índices no contemplan al espacio como factor que influye en la distribución del fenómeno.

Debido a esto, en los últimos años del siglo XX y con desarrollos tecnológicos importantes en el campo de la geografía, se han creado una serie de herramientas estadísticas que permitieron el análisis de fenómenos sociales de forma revolucionaria, permitiendo probar diversos postulados.

Entre todos ellos, la determinación del grado de distribución de bienes esenciales para la población permite encontrar el grado de (in)justicia que existe en un determinado lugar. Es decir, contrastando la distribución espacial de servicios fundamentales, como el transporte público y la localización de la población vulnerable podremos determinar el grado de acceso a nivel regional y, con ello, determinar si existen mejores condiciones para el desarrollo de la vida.

En diversos estudios se ha determinado que las ciudades tienden a la concentración, tanto de bienes y servicios como de población. Pero las personas que se encuentran en el centro suelen tener mejores condiciones adquisitivas, y, por lo tanto, una amplia gama de modalidades de transporte público.

El tener información sobre estas condiciones de la población permite que las políticas públicas estén mejor planeadas. Para el caso de infraestructura como una estación de un tren, el impacto es significativo. Actualmente las estaciones del tren interurbano ya se encuentran construidas, por lo que la evaluación se realiza de forma inversa, en el sentido de determinar si estas pueden llegar a contribuir al desarrollo de población en condiciones de pobreza.

La justicia en la sociedad

Aunque no es objetivo de este estudio discutir sobre la teorización del término de *justicia*, es importante clarificar cómo se estará tratando a lo largo del documento. De acuerdo con Soja (2010) en 1971 el jurista crítico John Rawls realizó una publicación llamada *A theory of justice*, donde desarrollaba una teoría de la justicia distributiva universal que permitiera a los individuos acceder a los principios de libertad, oportunidad, riqueza y dignidad. Al garantizarse esto, la población menos favorecida podría mejorar sus condiciones de vida.

Sin embargo, para Soja (2010) y otros autores (Cuberos Gallardo & Díaz Parra, 2018; Fainstein, 2014; Garrocho Rangel, 1993; Lucas, 2012) este modo de ver la justicia es

aespacial y ahistórica. Extrae de la sociedad el elemento geográfico y su cultura en un intento por garantizar un tipo de justicia universal, que, en cambio, alimenta a superestructuras que marginan y segmentan a la población. A través de una libertad disfrazada, el capital se apropia de los espacios, reduciendo y limitando las oportunidades de distribución de la población.

Siguiendo el análisis de Soja (2010), la justicia, en su forma crítica, también comenzó siendo aespacial, pero no ahistórica. Con los trabajos de Marx, se comenzó a señalar fuertemente las injusticias que recaían en la clase trabajadora, explotada por los burgueses. Pero poco tiempo tardó para que autores como Lefebvre y Harvey pasaran a realizar estudios sobre una justicia espacializada.

Por su parte, Lefebvre (1968) defendió que la *justicia* se alcanza a partir del ejercicio del derecho a la participación de la ciudadanía en la producción del espacio y en la toma de decisiones sobre el futuro de su ciudad. Es decir, la sociedad es un elemento importante para la construcción de su territorio, y no solo los entes económicos y políticos.

Posteriormente, Harvey (1973) apostó por una justicia de tipo territorial y social, a través de la búsqueda de una distribución equitativa de los recursos existentes en la sociedad. Los trabajos más avanzados de Harvey lo llevaron a dejar de lado las cuestiones de justicia y centrarse en el análisis de las repercusiones capitalistas sobre el espacio geográfico, convirtiéndolo en uno de los geógrafos – marxistas más prominentes en el campo.

De esta forma, la *justicia* de la que se habla a lo largo de la investigación es aquella que busca la distribución equitativa de los insumos necesarios que permitan la reducción de la desigualdad, la pobreza y el rezago, donde el espacio tiene un rol central para llegar a este objetivo al ser el escenario de lucha por la consigna de estos elementos.

La espacialidad de la justicia

Los términos de justicia, derecho, ciudad y sociedad fueron estudiados de manera conjunta, pero sin llegar a concretarlos en una teoría que definiera la espacialidad geográfica de la (in)justicia. De acuerdo con Soja (2010), solo tres estudios llevaban en su tratado el término de *justicia espacial*. El primero, una tesis doctoral publicada en 1973 por el geógrafo John O'Laughlin.

Después de 10 años, siguiendo a Soja (2010) y Dikeç (2001), el geógrafo Pirie (1983) fue uno de los primeros en llevar al marco espacial la discusión de la justicia social promovida años atrás por Lefebvre y Harvey. Para él, la justicia es más que solo la equidad e igualdad económica, poniendo de manifiesto que el espacio geográfico tiene repercusión significativa sobre las condiciones de desarrollo de la población.

Según Pirie (1983) la localización geográfica de las personas afecta sus condiciones económicas y sociales, pero al mismo tiempo, la distribución espacial de recursos y servicios esenciales impacta sobre ellos. Pirie se cuestiona si los individuos son capaces de elegir en dónde vivir o si su desarrollo está sujeto a las condiciones del acceso a oportunidades en su entorno. Si ocurre lo segundo, la justicia espacial podría ser un caso especial de la justicia social.

Pirie sienta las bases para una revolución en el pensamiento humano de la geografía que cobraría auge hasta principios del nuevo milenio. Previo a esto, Flusty (1994) fue uno de los pocos que habló explícitamente del término de *justicia espacial*, donde, con un enfoque de micro accesibilidades, explora nuevos temas sobre el efecto que el diseño de la infraestructura urbana puede tener sobre ciertos grupos sociales.

Con la publicación de *Posmetrópolis* y después el libro *En busca de la justicia espacial*, Soja (2000, 2010) formaliza la *escuela de pensamiento crítico espacial*, denominada así por Dadashpour & Alvandipour (2020), la cual se ha convertido en una corriente clave dentro

del campo de la geografía crítica, de los estudios urbanos y de la planificación contemporánea de las ciudades. A diferencia de la *justicia social* de Harvey, Soja promueve colocar al centro del análisis el espacio geográfico, como un marco capaz de modificar las relaciones políticas, económicas y sociales.

Se entiende como *justicia espacial* a la noción de que la distribución geográfica de los recursos y de las oportunidades en una sociedad debe ser equitativa y accesible para todas las personas, sin importar sus condiciones económicas, de origen, de género o de alguna otra.

Por lo tanto, desde el enfoque de la justicia espacial, las desigualdades socioespaciales tienen un impacto significativo en la calidad de vida y en las oportunidades de las personas, pues dependen de las áreas de la ciudad en las que se encuentren físicamente. Por ejemplo, el acceso a servicios públicos básicos, como la educación, la salud o el transporte, puede ser limitado en regiones marginadas, afectando negativamente la calidad de vida de las personas que viven en esas zonas.

Además, la distribución espacial inequitativa de los recursos y de las oportunidades puede estar vinculada con las relaciones de poder y sus estructuras sociales que producen y reproducen estas desigualdades. En este sentido, la justicia espacial busca abordar estos conflictos sociales para garantizar una distribución igualitaria (Soja, 2010).

Al igual que los desarrollos críticos hacia los modelos de desarrollo de las ciudades surgidos en los movimientos sociales de los años 60 (Fainstein, 2014), la *justicia espacial* nace con los conflictos de finales de los 90 en Los Ángeles – California, Estados Unidos, donde la coalición llamada *Bus Riders Union* luchó por la asignación justa de recursos económicos públicos para la construcción de mejores sistemas de transporte en contraposición a la

generación de autopistas que solo benefician a un sector reducido y privilegiado de la población (Soja, 2010).

Esta ciudad solo fue el inicio para una revolución que se acompañaría en muchas otras ciudades, principalmente las más desarrolladas. En América Latina ha sido hasta recientes años que se ha investigado sobre el impacto de la distribución geográfica de los recursos en las condiciones de vida de la población, como es el caso de Chile (Alvarez Rojas, 2013) y de Argentina (Barreto, 2022).

La accesibilidad como medida de la justicia en el espacio

Uno de los principales desafíos en el estudio de la justicia espacial es su medición y evaluación. Como se revisó anteriormente, la distribución de los servicios y bienes socialmente valorados impacta en el desarrollo de la población. Pero, cómo determinar que una configuración de ubicaciones es mejor que otra para reducir o incrementar las desigualdades sociales.

Para esto, en la presente investigación se toma el concepto de accesibilidad, ya que permite determinar el grado de dificultad que tiene un grupo social para poder hacer uso y aprovechamiento de un tipo de servicio que se encuentra en otro lugar. Diversos autores coinciden en que la *accesibilidad* es un tema con un amplio reconocimiento dentro de la investigación económica y social (Belogi & Mera, 2022; Camagni, 2004) desde las propuestas de renta urbana realizadas por Von Thünen en 1826 y después por Hurd en 1903.

El tipo de accesibilidad al que se refiere la presente investigación es el que se encuentra estrechamente relacionado con el espacio geográfico, la movilidad cotidiana urbana de las personas y el uso de las redes de transporte público. Para esto, se retoma la clasificación propuesta por Mansilla (2018), quien divide los estudios de la accesibilidad en tres enfoques. El primero referido al tradicional *físico – locacional*, los cuales se enfocan en las

medidas euclidianas y las restricciones que el espacio, el tiempo y los costos imponen sobre los desplazamientos. Propone un segundo campo, los *fenomenológicos – hermenéuticos*, centrados en las personas y las barreras físicas o inmateriales, sujetos a condiciones sociales.

El tercer enfoque de los estudios sobre la accesibilidad es el *integrado*, donde se realiza una combinación entre los estudios tradicionales y territoriales, complementándolos con aspectos sociales o subjetivos. Mansilla (2018) menciona que este tipo de análisis son recientes, comenzando a principios de la década de los 2000, encontrándose aún en desarrollo, tanto en su integración teórica como metodológica.

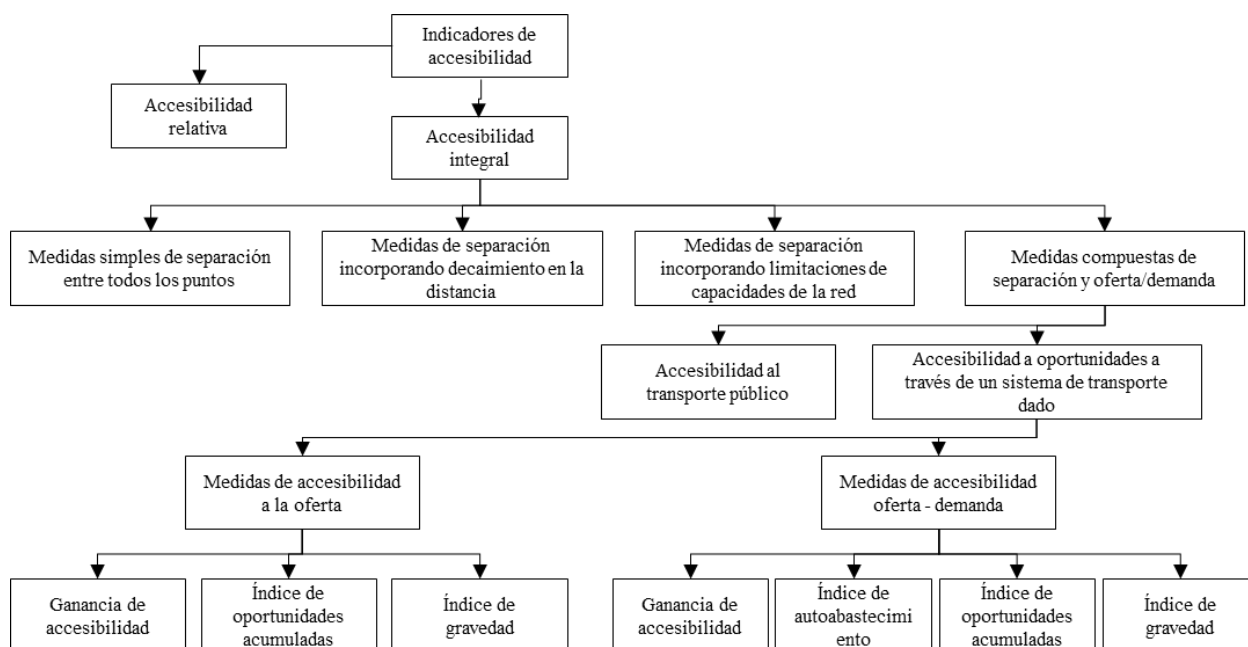
Tradicionalmente, los parámetros que permiten medir la accesibilidad tienen en cuenta que “el espacio restringe el número de oportunidades disponible” (Morris et al., 1979, p. 92). Por lo que la accesibilidad puede entenderse como una “medida de la intensidad de posibilidades de interacción en un lugar” (Hansen, 1959, p. 73), posteriormente desarrollada como un indicador del desplazamiento *potencial* que tiene la población para alcanzar las oportunidades existentes en el espacio (Cortés Salinas & Rojas Symmes, 2021; Escobar et al., 2016) o la capacidad / cualidad de las personas para alcanzar lugares (Bjørnson Lunke, 2023; Santos y Ganges & De las Rivas Sanz, 2017). También definida como una medida que describe el número de locaciones que pueden ser alcanzadas dentro de un determinado tiempo y desde un punto especificado (Krajzewicz et al., 2017).

Una de las primeras clasificaciones para poder explicar la accesibilidad fue dada por Ingram (1971), quien señala que existen dos: la relativa y la integral. La accesibilidad relativa puede entenderse como “el grado en que dos lugares (o puntos) en la misma superficie están conectados” (Ingram, 1971, p. 101), mientras que la accesibilidad integral para un punto se entiende como “el grado de interconexión con todos los demás puntos de la misma superficie” (Ingram, 1971, p. 102). Estas clasificaciones están estrechamente relacionadas

con la distancia medida a través del tiempo o del costo. Como lo menciona el propio Ingram (1971) no incluyen otras medidas como el empleo y su distribución inequitativa en el espacio.

Añadiendo a este punto, Morris et al. (1979) coincide con Ingram (1971) en que la accesibilidad relativa es la distancia entre dos puntos, propone que la accesibilidad integral puede subdividirse en otras categorías que le permiten ampliar su grado de aplicabilidad para la modelación de los fenómenos geoespaciales, las cuales se señalan en la figura 1.

Figura 1. Indicadores de la accesibilidad integral



Fuente: elaboración propia adaptada de Morris et al. (1979)

Las aplicaciones de las medidas de la accesibilidad son diversas. Morris et al. (1979) menciona que su uso potencial es para: i) la evaluación de sistemas; ii) la generación de modelos de demanda de viajes; iii) la elaboración de modelos de desarrollo urbano; y iv) como modelos de descripción. Aunque cada una de estas aplicaciones tienen sus características, en general se refiere a la capacidad que tiene la accesibilidad como metodología para la evaluación, planificación, modificación, generación de los patrones de

los actores del espacio, desde los individuos, pasando por los servicios de transporte, hasta los lugares.

Cuando la accesibilidad es estudiada desde las ciencias de la ciudad, esta se encuentra estrechamente relacionada con el espacio. Aunque no existe una única definición, siempre se trata de describir y clasificar para poder entenderla. En un estudio sobre movilidad y accesibilidad Cortés Salinas & Rojas Symmes (2021) proponen una clasificación para esta accesibilidad espacial, vista desde dos enfoques, uno individual y otro de los lugares. La primera puede referirse a la cantidad de lugares que puede acceder una persona, mientras que la segunda a la cantidad de personas que pueden acceder a un mismo lugar.

Siguiendo esta clasificación, los estudios de acceso a lugares, generalmente desde un punto social, pueden localizarse en la primera clasificación. Existen estudios del acceso a bienes públicos (Yuan et al., 2017), a las escuelas (Muhaimin et al., 2022), a centros de salud (Zanganeh et al., 2023), al equipamiento urbano (Cáceres Seguel & Ahumada Villarroel, 2020), incluso en relación a la prevención de desastres (Bono & Gutiérrez, 2011) donde la distancia y el tiempo de acceso a los lugares públicos se analiza desde el enfoque de grupos sociales vulnerables.

Mientras que el segundo puede verse desde un análisis de cobertura o de asignación por el lado de la oferta, donde existe un gran desarrollo. Estudios de la cobertura de microservicios como de gasolineras (Escobar et al., 2016), localización y accesibilidad a hospitales (Garrocho Rangel, 1993; Garrocho Rangel & Campos Alanís, 2006), y su cobertura de servicios (De Pietri et al., 2013; Higgs, 2004), o desde la mesogeografía, con estudios de análisis de accesibilidad en Berlín (Krajzewicz et al., 2017).

Cada uno de estos estudios cuenta con una propia medida de accesibilidad que depende del objeto y objetivo de análisis. Aunque algunos pueden ser similares, la tendencia es que

no existe uno que sea mejor que el otro (Cortés Salinas & Rojas Symmes, 2021), simplemente deben de elegirse los indicadores adecuados para cada caso.

Como se observa, estas definiciones de *accesibilidad* se encuentran más sujetas a las condiciones de localización de puntos en el espacio y cómo interactúan el uno con el otro a partir de las distancias físicas, tiempo o costo como principal barrera. Sin embargo, en estudios recientes, diversos autores han sugerido que las condiciones sociales también deben ser incluidas en los estudios (Belogi & Mera, 2022), pues complementan y enriquecen los análisis.

Finalmente, es necesario contemplar que a pesar de los esfuerzos que se realice por parte del Estado para garantizar un cierto grado de accesibilidad para la población, siempre existirán lugares con menores niveles que otros. Soja (2010) menciona que la localización de un bien social en sí genera desigualdades, pues la población que esté físicamente más cercana será la mayormente beneficiada de esa obra. Por lo que, al momento de realizar análisis o planes de gestión del territorio se puede considerar un grado de *accesibilidad suficiente* (Cooper & Vanoutrive, 2022) que garantice lo mínimo necesario para toda la población, a fin de reducir las inequidades.

Justicia espacial y acceso al transporte público

Hasta el momento, se ha revisado la importancia del concepto de *justicia espacial* como eje para la planeación de los territorios urbanos. Donde la distribución de la dotación de servicios esenciales impacta en el desarrollo de la población, es decir, en las oportunidades que las personas puedan alcanzar.

Por otra parte, se revisó que la accesibilidad se ha convertido en una medida que contribuye a evidenciar el grado de generación de *geografías injustas* (al modo que las explica Soja, 2010). Es decir, la accesibilidad puede determinar geográficamente cuánta (in)justicia se distribuye en el territorio.

Dentro de todas las formas de (in)justicias que se pueden medir, esta investigación se centra en el campo del transporte de personas, específicamente en el que ocurre de forma cotidiana (viajes que ocurren en un solo día de ida y vuelta) a través del uso del transporte público en sus diferentes modos.

En los apartados anteriores se observó que las formas actuales de producción económica tienden a generar espacios desiguales donde existen lugares con mejor dotación de servicios (centrales) y otros que carecen de ellos, normalmente periféricos (Harvey, 1973; Lefebvre, 1974; Soja, 2010). En este sentido, puede concluirse que el sector social que se encuentra marginado es el que carece de los recursos económicos para afrontar los problemas sistemáticos que el capitalismo promueve sobre el territorio.

En otras palabras, la aglomeración de las ciudades produce que un área reducida cuente con servicios suficientes para satisfacer las necesidades básicas de la población, pero, al mismo tiempo, lleva consigo el incremento del costo de vida. Las personas tienden a desplazarse a las zonas exteriores a cambio de menores costos económicos, pero aquí el transporte público (y otros recursos sociales) son insuficientes (Bjørnson Lunke, 2023).

El estudio de la accesibilidad a través del transporte público ha sido fundamental para las ciudades y su población, pues en carencia de ella, menciona Lucas (2012), se puede conducir a menor bienestar, exclusión social e incluso desempleo o reducción de posibilidades de acceso a este. En este sentido, la política urbana, entendida como las “acciones del Estado capaces de incidir en las formas de ocupación y uso del suelo urbano” (Ziccardi, 2016, p. 25) son fundamentales para garantizar niveles suficientes de *accesibilidad territorial* para los pobladores (Escobar García & Urazán Bonells, 2014).

En la última década se han desarrollado diversos marcos teóricos y metodológicos para el estudio del transporte público que se contrastan con los estudios tradicionales enfocados

en el costo – beneficio (Cooper & Vanoutrive, 2022). Desde los realizados en la nueva *justicia del transporte* (Enright, 2019) que se encuentran influenciados por la corriente de pensamiento social de Harvey, o los relacionados con la exclusión social.

Con la introducción de las medidas de accesibilidad se ha modificado el paradigma de la planeación del transporte (Krajzewicz et al., 2017), donde se contemplan tres dimensiones: medio ambiente, equidad social y eficiencia (Bjørnson Lunke, 2023; Cortés Salinas & Rojas Symmes, 2021). Toma gran relevancia a mediados del siglo XIX a partir del contexto neopositivista de la geografía, con el objetivo de medir la configuración espacial de las redes de transporte, la localización de bienes y el costo de acceso (Belogi & Mera, 2022).

Dentro de las investigaciones realizadas con el tema de accesibilidad y servicios de transporte público, es común encontrarlos desde el enfoque físico – locacional, como la cobertura de servicios (Fernández de Córdoba, 2017; Moreno & Prieto Ma. Eugenia, 2003).

Existen algunos estudios que utilizan el enfoque *integrado* referido por Mansilla (2018), como el realizado por Belogi & Mera (2022) para el caso del aglomerado Gran Buenos Aires, donde combina aspectos sociales de marginación, accesibilidad y uso de herramientas tecnológicas de SIG y Python. También el trabajo de Bjørnson Lunke (2023) para el caso de Oslo, Noruega, donde estudia el transporte público y su relación con grupos étnicos en específico. Para el caso de Colombia, Cortés Cifuentes et al. (2020) realizan un estudio de cobertura de servicio de la red del transmilenio basado en condiciones socioeconómicas de la población.

Para el caso de las ciudades de México, González Moreno et al. (2022) realizan un análisis de accesibilidad a nivel nacional con el objeto de medir los tiempos de traslado de la población e identificar los lugares más vulnerables. Por su parte, Calonge Reillo (2016) realiza un estudio para el caso de la ciudad de Guadalajara, donde plantea que las regiones

más alejadas de las urbes tienen dificultades para acceder a los centros urbanos y optan por viajes más cortos.

Otro caso de accesibilidad y marginación lo estudia Fuentes Flores & Hernández Hernández (2013) para el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua, donde, a través de modelos de interacción espacial encuentran que existen relaciones entre el índice de jerarquía socioespacial y el índice de accesibilidad.

Como se observa los estudios se han centrado en el análisis de la accesibilidad territorial de las personas a puntos o regiones en específico, uno de los insumos principales es la red de carreteras, por las que la población puede elegir las mejores opciones para llegar más rápido. En este sentido, una de las principales barreras a las que se enfrenta un investigador es en obtener las líneas de transporte público que se encuentran en las ciudades, para poder realizar análisis más profundos sobre la accesibilidad.

Recientemente, la Secretaría de Desarrollo Agrario (2024) publicó un estudio donde evalúa la digitalización del transporte público de las principales ciudades mexicanas. A pesar de encontrar casos excepcionales como la ciudad de Mérida o la Ciudad de México, en general, existe un atraso evidente en el mapeo de rutas de transporte, lo que dificulta realizar estudios completos sobre las condiciones actuales de accesibilidad de los grupos vulnerables (quienes ocupan el servicio público).

Antecedentes del servicio ferroviario de transporte de pasajeros en México

El tren interurbano México – Toluca es una de las más grandes obras de infraestructura ferroviaria para el transporte de pasajeros que se ha construido en el país. A pesar de sus constantes retrasos, su entrada en funcionamiento total está programada para el primer semestre de 2025, lo cual será de beneficio para las personas que viajan entre la ZMTT y la zona poniente de la Ciudad de México.

En ciudades con grandes cantidades de población, el servicio de trenes es fundamental para el transporte de sus ciudadanos y se ha convertido en una alternativa eficiente en comparación con otros medios de transporte (Batabyal & Beladi, 2022), incluyendo a los de alta velocidad en países como China (Wang et al., 2020) o Taiwán (Cheng, 2010).

Los trenes en México han tenido una larga historia que ha impulsado el desarrollo de diversas ciudades a lo largo del territorio. Sin embargo, a partir de su privatización en la década de los noventa, este se convirtió en un modo clave para el movimiento mercantil terrestre, llegando a transportar hasta un 26% de carga en la actualidad, dejando a un lado el servicio de pasajeros (Miranda Hernández, 2024).

De acuerdo con la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (2023), actualmente en México existen poco más de 18,825 km de vías férreas en operación a cargo de empresas públicas y privadas, las cuales son:

- Estado de Baja California - Administradora de la Vía Corta Tijuana-Tecate
- Estado de Puebla
- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec S.A. de C.V.
- Ferrocarril Mexicano S.A. de C.V.
- Ferrocarril y Terminal del Valle de México S.A. de C.V.
- Ferrocarriles Suburbanos S.A. de C.V.
- Ferrosur S.A. de C.V.
- FONATUR Tren Maya S.A. de C.V.
- Gobierno del Estado de Jalisco
- Gobierno Federal
- Kansas City Southern de México S.A. de C.V.
- Línea Coahuila Durango S.A. de C.V.

Poco menos del cinco por ciento de las líneas férreas se encuentran dedicadas al servicio de pasajeros, las cuales son (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, 2023):

- Ferrocarril Chihuahua-Pacífico (Tren turístico “El Chepe”)
- Tren Turístico Puebla – Cholula
- Tren Tequila Express
- Tren de la Vía Corta de Tijuana – Tecate
- Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México

Cabe mencionar que, de estas líneas mencionadas, solo el Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México está destinado al transporte público de pasajeros, el cual atiende a 165 mil pasajeros diarios a lo largo de sus 27 km de longitud. Este servicio se encuentra disponible en el norte de la zona metropolitana del Valle de México, comenzando en el municipio de Cuautitlán Izcalli con derrotero en la estación Buena Vista, delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México (Ferrocarriles Suburbanos, 2023).

En esta lista no se incluyen las siguientes líneas de trenes de pasajeros:

- Tren Interurbano México – Toluca (objeto de estudio)
- Tren Maya
- Tren Interoceánico del Istmo de Tehuantepec
- Ampliación del tren suburbano de la zona metropolitana del Valle de México al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

A partir de la administración del Gobierno Federal 2018 – 2024 ha sido evidente el renovado interés en el desarrollo y modernización del servicio ferroviario de pasajeros. Este impulso se ha materializado en proyectos como la continuación de las obras del Tren Interurbano México – Toluca, la apertura del Tren Maya (ubicado en la península de Yucatán) y la modernización del tren interoceánico del Istmo de Tehuantepec.

Este esfuerzo por recuperar el servicio de trenes de pasajeros se concretó el 20 de noviembre de 2023 a través de un decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (Gobierno de México, 2023a) declarando a este sector como área prioritaria para el desarrollo nacional, donde, además, se planea la recuperación de 7 rutas en el corto plazo:

1. Tren México-Veracruz-Coatzacoalcos
2. Tren Interurbano Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles – Pachuca
3. Tren México-Querétaro-León-Aguascalientes
4. Tren Manzanillo-Colima-Guadalajara-Irapuato
5. Tren México-San Luis Potosí-Monterrey-Nuevo Laredo
6. Tren México-Querétaro-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Nogales
7. Tren Aguascalientes-Chihuahua-Ciudad Juárez.

Al menos a la fecha de elaboración del presente trabajo, los trenes de pasajeros se convertirán en una nueva opción para las personas que desean optar por medios de transporte alternativos, a pesar de las dificultades que estos han tenido en México. Sin embargo, uno de los retos es poder integrarlos a las grandes ciudades y a su complejo sistema de carreteras, transporte público y demanda.

Capítulo II: Contexto urbano, económico, social y de transporte de la zona de estudio

En el presente capítulo se otorga un contexto urbano, socioeconómico de la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco, para observar sus comportamientos a lo largo de los últimos años. Además, se realiza un análisis descriptivo del tren interurbano y del sistema de transporte público en la región. Esto en conjunto permite tener un panorama sobre las implicaciones del rezago social, de la conectividad del tren y de su accesibilidad.

En primer lugar, se delimita la zona de estudio, posteriormente se otorgan los contextos urbanos (a partir de la megalópolis), el económico y social, para terminar con la descripción del tren interurbano y del transporte público.

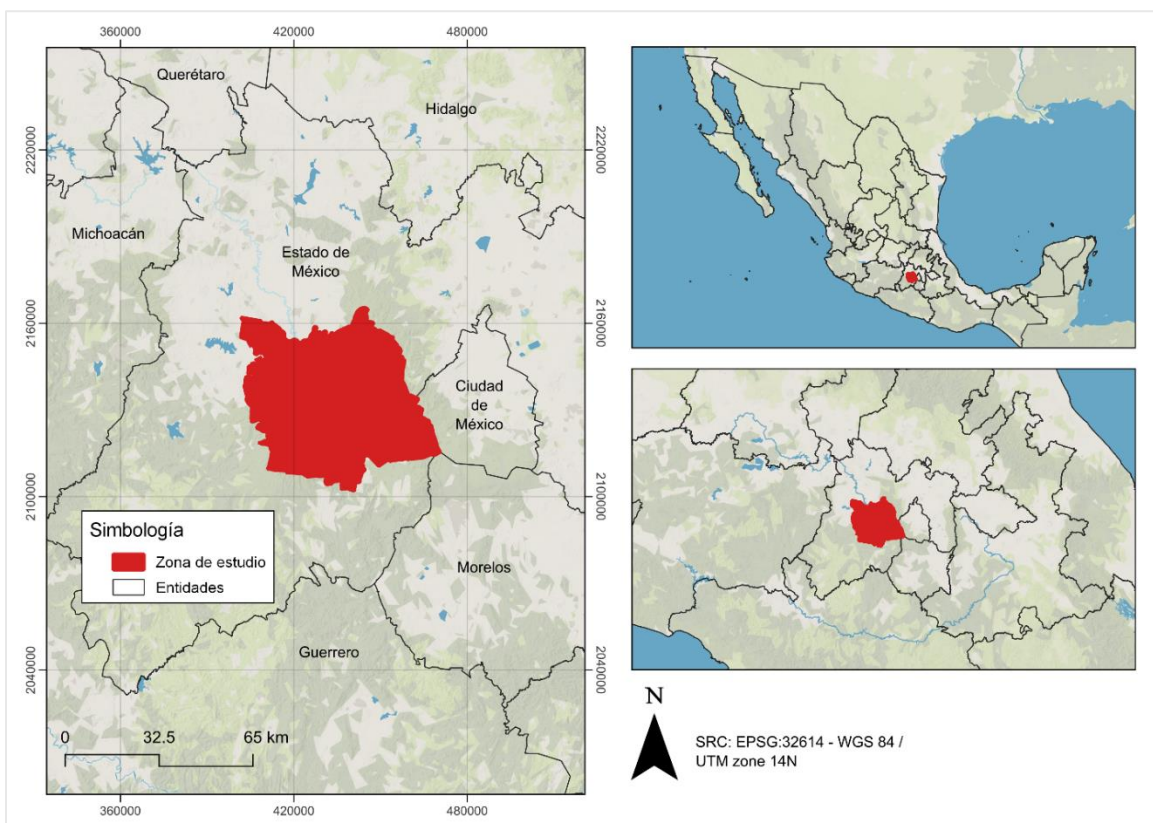
Delimitación de la zona de estudio

El área de estudio se retomó a partir de la clasificación de las zonas metropolitanas realizada por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano et al. (2018). Tomando esto como base, la investigación se realizó para el total de municipios de dos zonas metropolitanas: la de Toluca y la de Tianguistenco.

Estas zonas metropolitanas se localizan en el centro del Estado de México, la cual es una entidad federativa que se encuentra en la región media del país colindando con 8 Estados: Ciudad de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Guerrero, Michoacán y Querétaro (ver mapa 1).

La zona metropolitana (ZM) de Toluca está conformada por 16 municipios, mientras que la ZM de Tianguistenco contiene 6 (ver el mapa 1 y el mapa 2), esta última se localiza en la parte sur – oriente del área de estudio, compartiendo límites territoriales – administrativos con la ZM de Toluca al poniente y con la Ciudad de México al oriente.

Mapa 1. Localización geográfica de la zona de estudio



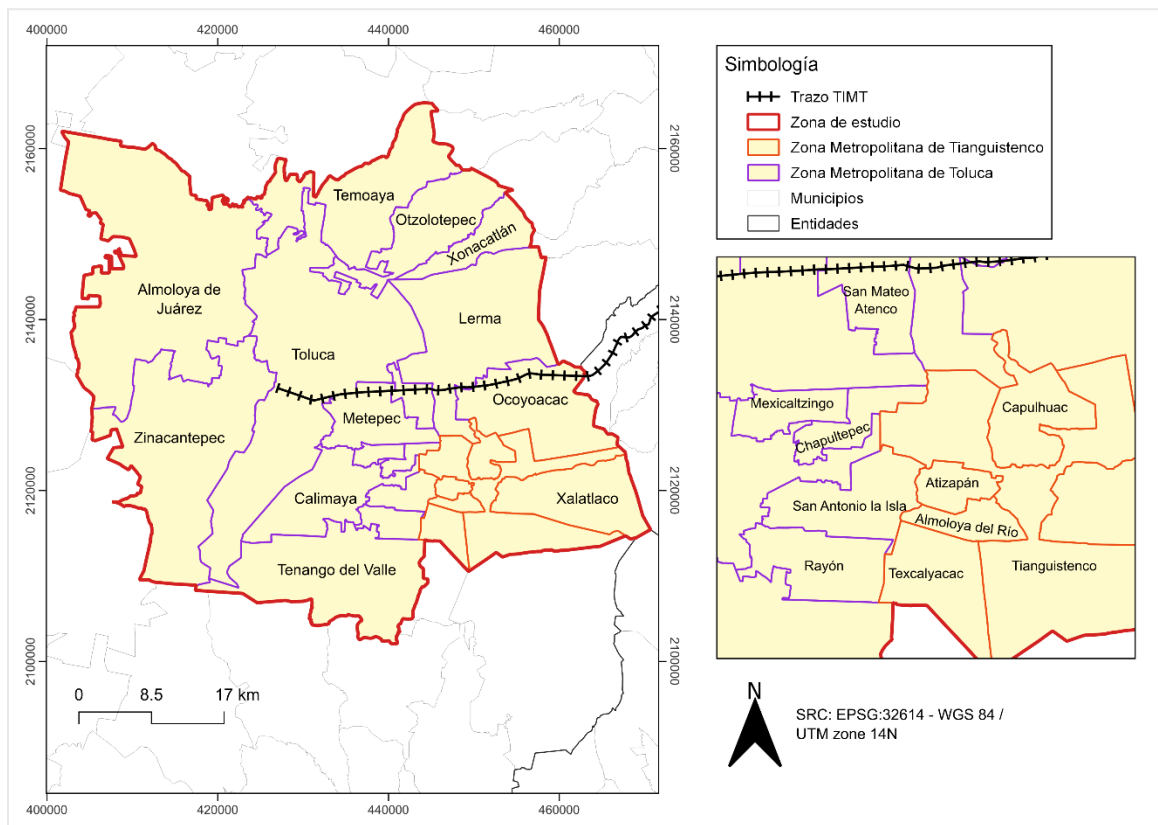
Fuente: Elaboración propia con base en los límites territoriales de la zona de estudio determinados por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano et al. (2018).

Tabla 1. Integración municipal de la zona de estudio

Municipio	Zona metropolitana	Municipio	Zona metropolitana
Toluca	Toluca	Xonacatlán	Toluca
Metepec	Toluca	San Antonio la Isla	Toluca
Zinacantepec	Toluca	Rayón	Toluca
Almoleya de Juárez	Toluca	Mexicaltzingo	Toluca
Lerma	Toluca	Chapultepec	Toluca
Temoaya	Toluca	Almoleya del Río	Tianguistenco
San Mateo Atenco	Toluca	Atizapán	Tianguistenco
Tenango del Valle	Toluca	Capulhuac	Tianguistenco
Otzolotepec	Toluca	Texcalyacac	Tianguistenco
Ocoyoacac	Toluca	Tianguistenco	Tianguistenco
Calimaya	Toluca	Xalatlaco	Tianguistenco

Fuente: Elaboración propia con base en la delimitación de zonas metropolitanas dada por la SEDATU et al. (2018)

Mapa 2. Distribución municipal de la zona de estudio



Fuente: La distribución municipal se basa en la delimitación de zonas metropolitanas de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano et al. (2018).

A sus alrededores, ambas zonas metropolitanas tienen colindancia con los siguientes municipios del Estado de México: Ocuilan, Joquicingo, Tenancingo, Villa Guerrero, Coatepec de Harinas, Temascaltepec, Amanalco, Villa Guerrero, San Felipe del Progreso, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Nicolás Romero, Isidro Fabela, Jilotzingo, Naucalpan de Juárez y Huixquilucan. Mientras que mantienen vecindad con la Ciudad de México en las alcaldías: Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras y Tlalpan.

La elección de estas dos zonas metropolitanas se debe a que el trazo del primer tramo del tren interurbano México – Toluca cruza los municipios de: Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac (ver mapa 2). Por lo tanto, se consideran el total de municipios de ambas ZM.

Contexto regional de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco

En Latinoamérica, en la década de los 80 y 90 puede observarse un crecimiento desbordado de las ciudades en países como Brasil, Argentina y México. Debido a las constantes tensiones políticas, económicas y sociales que las naciones tuvieron solo unos años atrás, este desarrollo es caracterizado por: fragmentación, violencia, desorden, privatización, exclusión y contaminación (Pradilla Cobos, 1998), lo cual ha impuesto retos a los planificadores.

Durante la primera mitad del siglo XX, gracias a la implementación de modelos de desarrollo económicos proteccionistas en México (Kuntz Ficker, 2010), existieron procesos de migración interna hacia las ciudades que en ese momento se encontraban creciendo, tal es el caso del Distrito Federal (hoy Ciudad de México), Monterrey, Guadalajara y Puebla, además de pequeñas regiones que más tarde comenzarían su desarrollo, como Toluca, Querétaro, Tijuana, Pachuca, entre otros (Sobrino, 2010).

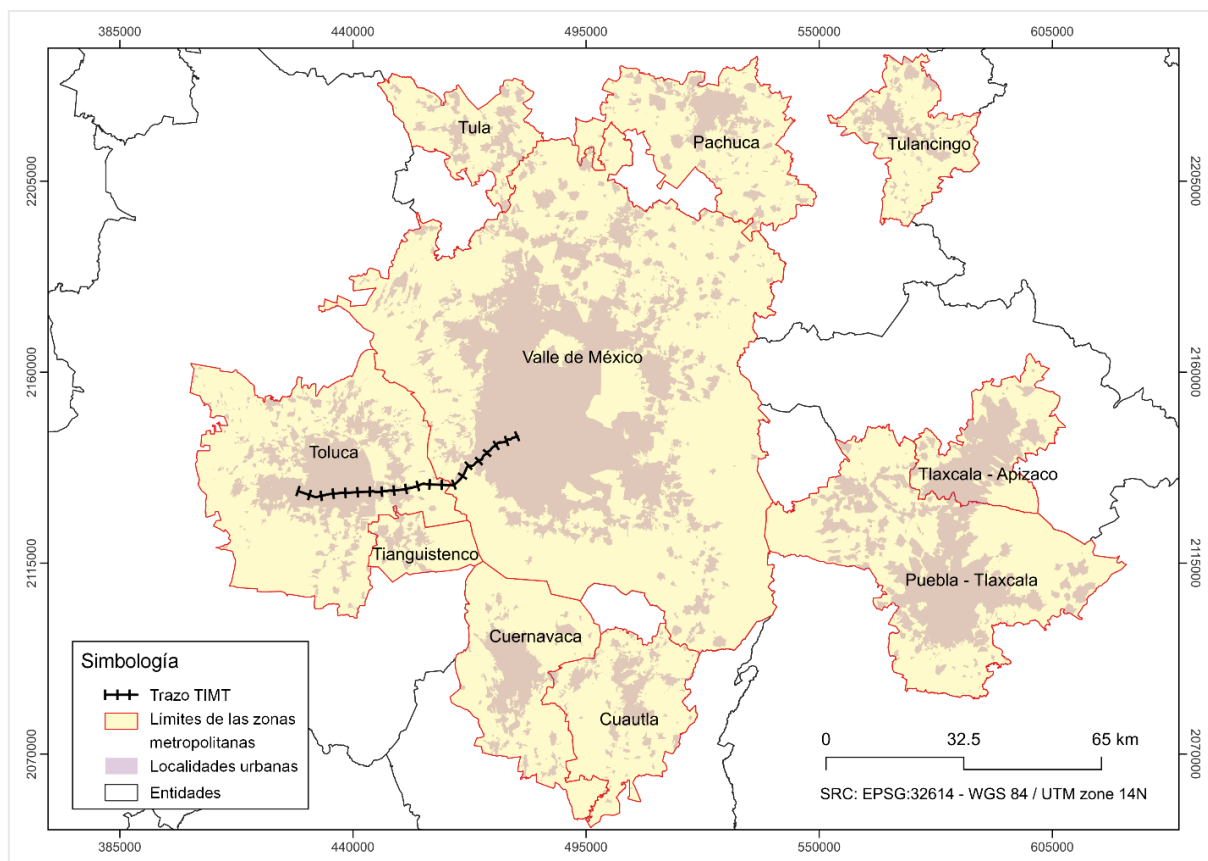
La migración rural – urbana tuvo como resultado un crecimiento poblacional sin precedentes en la actual Ciudad de México (Sobrino, 2010), alcanzando en la última década, junto con su área metropolitana, los poco más de 20 millones de personas (INEGI, 2020a). Aunque en los recientes años ha perdido ritmo en su crecimiento, no deja de ser una de las ciudades más importantes del país y una de las más grandes del mundo.

Como respuesta a la saturación poblacional de la Ciudad de México, hacia finales del siglo XX y en gran medida en la primera década del XXI (Sobrino, 2010) alrededor de este polo central del país se desarrollaron otras ciudades, entre ellas la zona metropolitana de Toluca y la de Tianguistenco, objeto de estudio del presente trabajo.

Estas dos zonas metropolitanas se encuentran inmersas dentro de la denominada megalópolis central de México (ver mapa 3) la cual es una superestructura urbana integrada por 10 metrópolis: la del Valle de México (eje central), Cuernavaca, Cuautla, Puebla –

Tlaxcala, Tlaxcala – Apizaco, Tulancingo, Pachuca, Tula, Toluca y Tianguistenco (Comisión Ambiental de la Megalópolis, 2018). Por su estructura, el reto para los hacedores de política es poder regular su crecimiento, gestionar su territorio y producir mejores condiciones para su población, un reto que parece ser complicado debido a las presiones internas y externas a las que se somete (De Alba, 2005).

Mapa 3. Estructura de la megalópolis central de México, 2020



Fuente: elaboración propia con base en la división de zonas metropolitanas de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano et al. (2018)

Según datos del Censo de Población y Vivienda publicado por el INEGI (2020a), el 24% de la población nacional vive en esta megalópolis, la cual aporta un 34% de valor agregado censal bruto (un acercamiento a la medición del producto interno bruto), 27% de empresas y 30% de empleo del país. Esto la convierte en una de las zonas clave para el desarrollo de México.

En la tabla 2 se encuentra la aportación de cada una de las zonas metropolitanas a la megalópolis en distintos rubros, tanto económicos como demográficos. Se observa que la más importante es la del Valle de México por los procesos históricos mencionados con anterioridad. Mientras que las de Puebla – Tlaxcala y Toluca se encuentran en segundo y tercer lugar dependiendo del indicador que se lea.

Tabla 2. Participación de las zonas metropolitanas a la megalópolis central de México

Zona metropolitana	Población 2020	VACB 2019	UE 2019	POT 2019	Superficie km ²
Valle de México	70.8%	81.3%	67.7%	76.2%	43.0%
Puebla-Tlaxcala	10.4%	6.2%	11.6%	9.2%	13.1%
Toluca	7.6%	6.5%	7.6%	6.2%	13.2%
Cuernavaca	3.3%	2.0%	3.6%	2.7%	6.5%
Pachuca	2.2%	0.8%	2.2%	1.6%	6.5%
Tlaxcala-Apizaco	1.9%	0.8%	2.5%	1.5%	3.9%
Cuautla	1.6%	0.6%	2.0%	1.1%	5.4%
Tulancingo	0.9%	0.2%	1.1%	0.5%	3.7%
Tula	0.8%	0.8%	0.9%	0.7%	3.2%
Tlanguistenco	0.6%	0.8%	0.7%	0.4%	1.7%

Fuente: elaboración propia con base en el Censo Económico 2019 y en el Censo de Población 2020 (INEGI, 2019, 2020a).

Nota: VACB = Valor agregado censal bruto; UE = Unidades económicas; POT = Personal ocupado total.

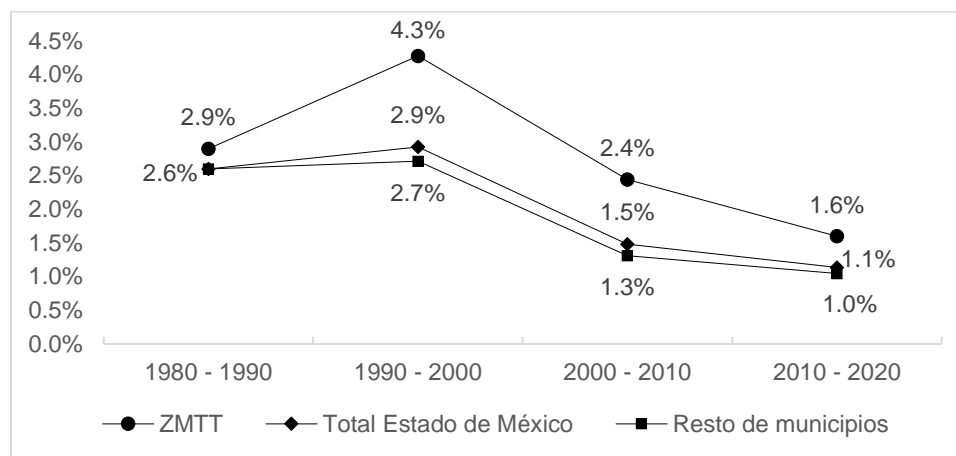
En conjunto, la ZM de Toluca y de Tlanguistenco se colocan como dos de las regiones más influyentes para la megalópolis, además de su cercanía con la Ciudad de México, de aquí que sea importante el análisis del transporte de personas.

Distribución de la población en la zona metropolitana de Toluca – Tlanguistenco

De acuerdo con los Censos de Población y Vivienda del INEGI (1980, 1990, 2000, 2010a, 2020), los municipios que forman la actual ZMTT han registrado un crecimiento permanente en su población a lo largo de los últimos 40 años (ver gráfica 1), teniendo su mayor incremento entre 1990 y el 2000 con alrededor de 6.5 millones de personas. Mientras que su menor aumento fue en recientes años, para la década 2010 – 2020, sumando 4.1 millones de habitantes.

Teniendo en cuenta que el Estado de México, en el año 2020, fue una de las entidades federativas con mayor concentración de población, la ZMTT ha registrado tasas de crecimiento media anual superiores a las estatales y a las del resto de los municipios, donde, al igual que en el caso anterior, la década de 1990 al 2000 fue la que registró los valores más altos (ver gráfica 1).

Gráfica 1. Tasa de crecimiento media anual por décadas para la población de la ZMTT y el Estado de México, 1980 - 2020

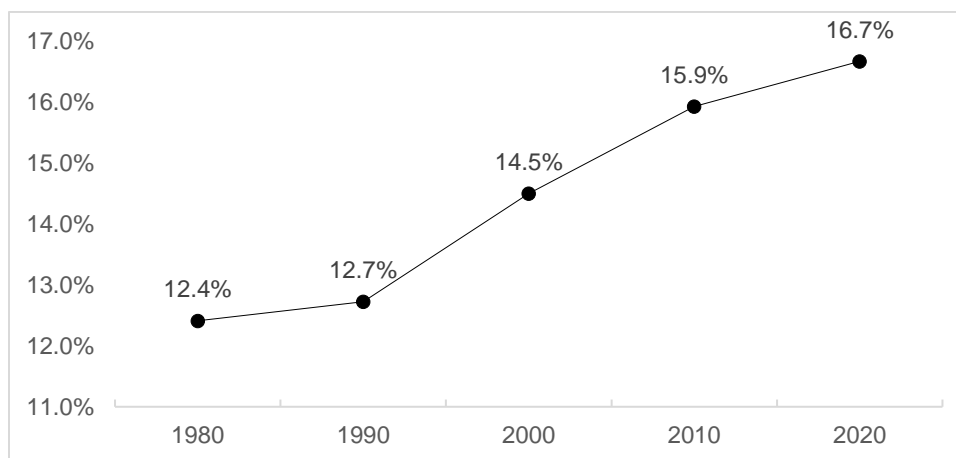


Fuente: Elaboración propia con base en los Censos de Población y Vivienda del INEGI (1980, 1990, 2000, 2010a, 2020a).

Este crecimiento en la ZMTT ha logrado consolidarla como un importante polo de urbanización para el estado de México, situación que se observa en la gráfica 2, donde su aportación porcentual a la población total de la entidad ha pasado del 12.4% en 1980 al 16.7% en el año 2020. Esto es un factor importante que contribuye a justificar la construcción del tren.

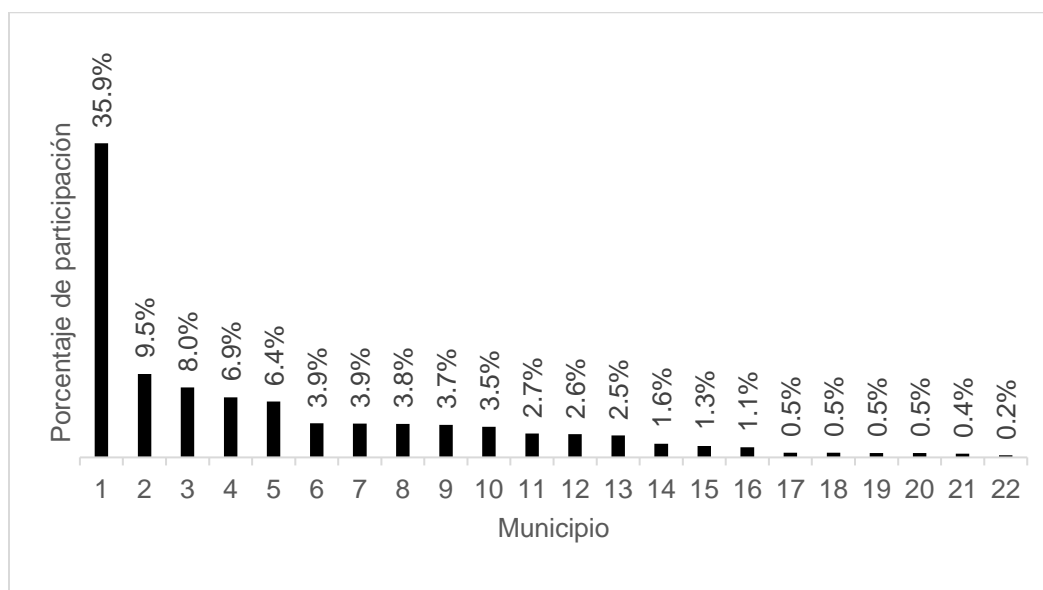
A nivel local, de acuerdo con datos del último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020a) la ZMTT tiene una población total de poco más de 2.5 millones de habitantes siendo el municipio de Toluca el de mayor concentración con una participación del 35%, y junto con Metepec y Zinacantepec solo municipios que registran poco más del 50% de habitantes (ver gráfica 3 y tabla 3).

Gráfica 2. Participación de la ZMTT en el total de la población del estado de México, 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en los Censos de Población y Vivienda del INEGI (1980, 1990, 2000, 2010a, 2020a).

Gráfica 3. Distribución de la población en la ZMTT, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda, INEGI (2020a).

Nota: Las etiquetas con los nombres de los municipios se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3. Población acumulada por municipio para la ZMTT, 2020

#	Municipio	% Población acumulada
1	Toluca	35.9%
2	Metepec	45.4%
3	Zinacantepec	53.4%
4	Almoloya de Juárez	60.2%
5	Lerma	66.6%

6	Otzolotepec	70.5%
7	Temoaya	74.4%
8	San Mateo Atenco	78.2%
9	Tenango del Valle	81.9%
10	Tianguistenco	85.4%
11	Ocoyoacac	88.1%
12	Calimaya	90.8%
13	Xonacatlán	93.3%
14	Capulhuac	94.9%
15	San Antonio la Isla	96.2%
16	Xalatlaco	97.3%
17	Mexicaltzingo	97.8%
18	Almoloya del Río	98.4%
19	Rayón	98.9%
20	Chapultepec	99.4%
21	Atizapán	99.8%
22	Texcalyacac	100.0%

Fuente: elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda, INEGI (2020a)

Para poder observar estos comportamientos a nivel local, se calculó la densidad de la población para el año 2020, en este caso a nivel sección electoral. Este es un indicador de caracterización territorial que permite determinar la presión demográfica que se encuentra en una región determinada (Palacio Prieto et al., 2004), lo que da muestra de los lugares susceptibles a problemas urbanos. Se obtiene a partir de la relación entre la población y la superficie de un mismo polígono (ver función [1]).

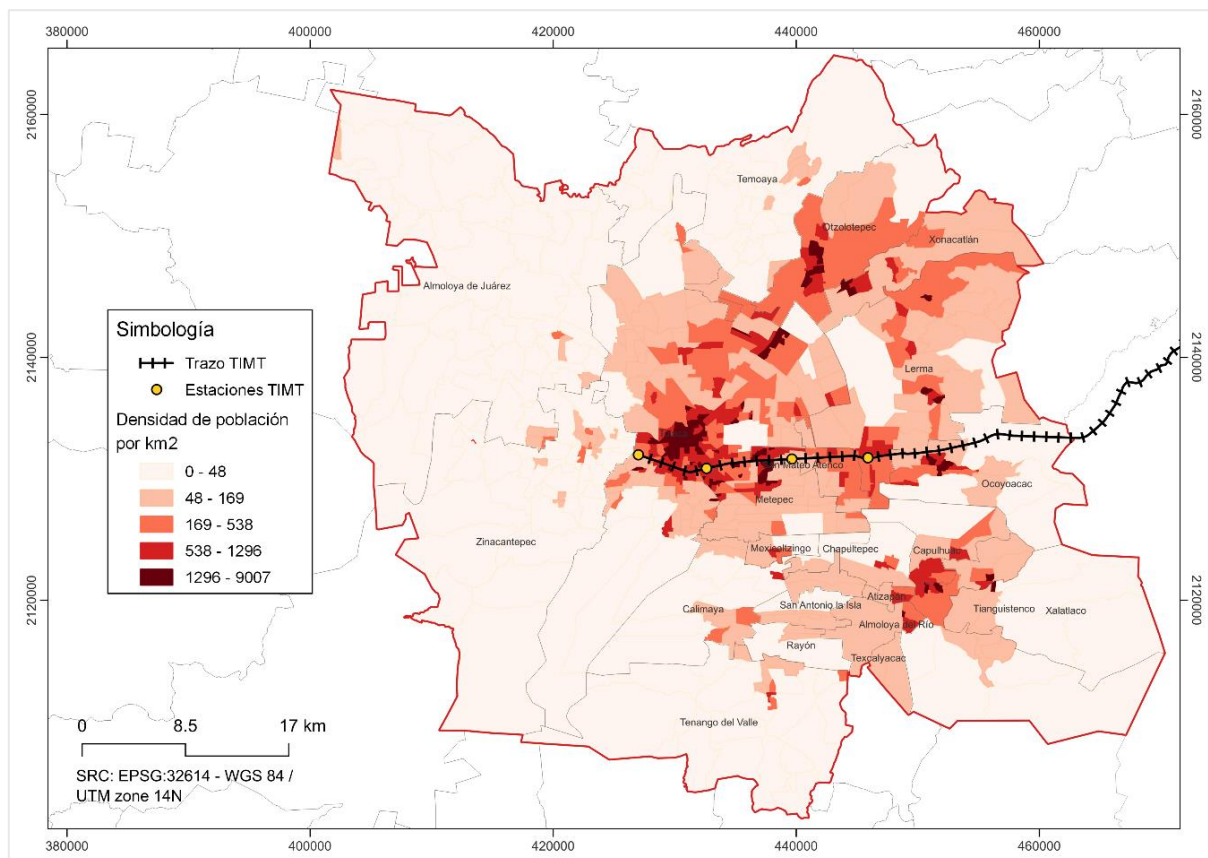
$$\text{Función [1] } d_{pob_i} = \frac{pob_i}{superficie(km^2)_i}$$

Donde d_{pob_i} es la densidad de población de la sección electoral i , pob_i corresponde a la población, mientras que la $superficie(km^2)_i$ es el área territorial de la sección electoral medida en kilómetros cuadrados (ver mapa 4).

En este mapa 4 se observa la distribución espacial de la densidad de población para la ZMTT, donde los valores rojos tienen mayores presiones demográficas en su territorio, estos se observan principalmente en la zona central, dentro del municipio de Toluca, siendo

un reflejo de los beneficios que tiene este municipio, al ser el más relevante en cuestión de actividad económica.

Mapa 4. Densidad de la población por sección electoral en la zona metropolitana de Toluca y Tianguistenco, 2020



Fuente: elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020) a nivel sección electoral.

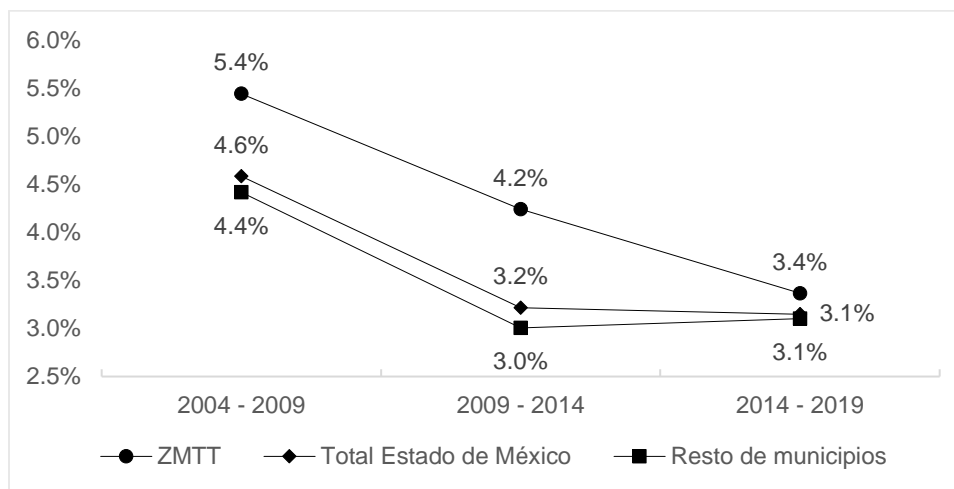
Mientras que los valores empiezan a disminuir de forma menos acelerada hacia el oriente en comparación a los del poniente. Al mismo tiempo se observa que algunas secciones electorales tienen mayor densidad formando una especie de segundo anillo, donde se incluyen municipios como Temoaya, Ocoyoacac y Tianguistenco, este comportamiento es probable que se deba a la cercanía que tienen con la Ciudad de México y la ventaja que tiene la población de encontrar fuentes de empleo en las alcaldías de mayor proximidad.

Actividad económica de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco

En cuestión económica, según datos de los censos económicos (INEGI, 2004, 2009, 2014, 2019), la ZMTT ha mantenido un crecimiento superior en unidades económicas en comparación a la media estatal y al resto de municipios para el periodo de 2004 a 2019 (ver gráfica 4), pero en los últimos periodos han pasado de 5.4% hasta 3.4%. Comportamiento que ha ocurrido en términos agregados en toda la entidad, debido a contracciones económicas.

A pesar de eso, la ZMTT ha ganado participación en número de unidades económicas, pasando del 15.98% del total estatal en 2004 al 17.67% en 2019 (INEGI, 2004, 2019), esto es evidencia de la competitividad económica que poco a poco ha ganado la región, misma que es generadora de empresas, convirtiéndola en un polo de desarrollo importante para la zona.

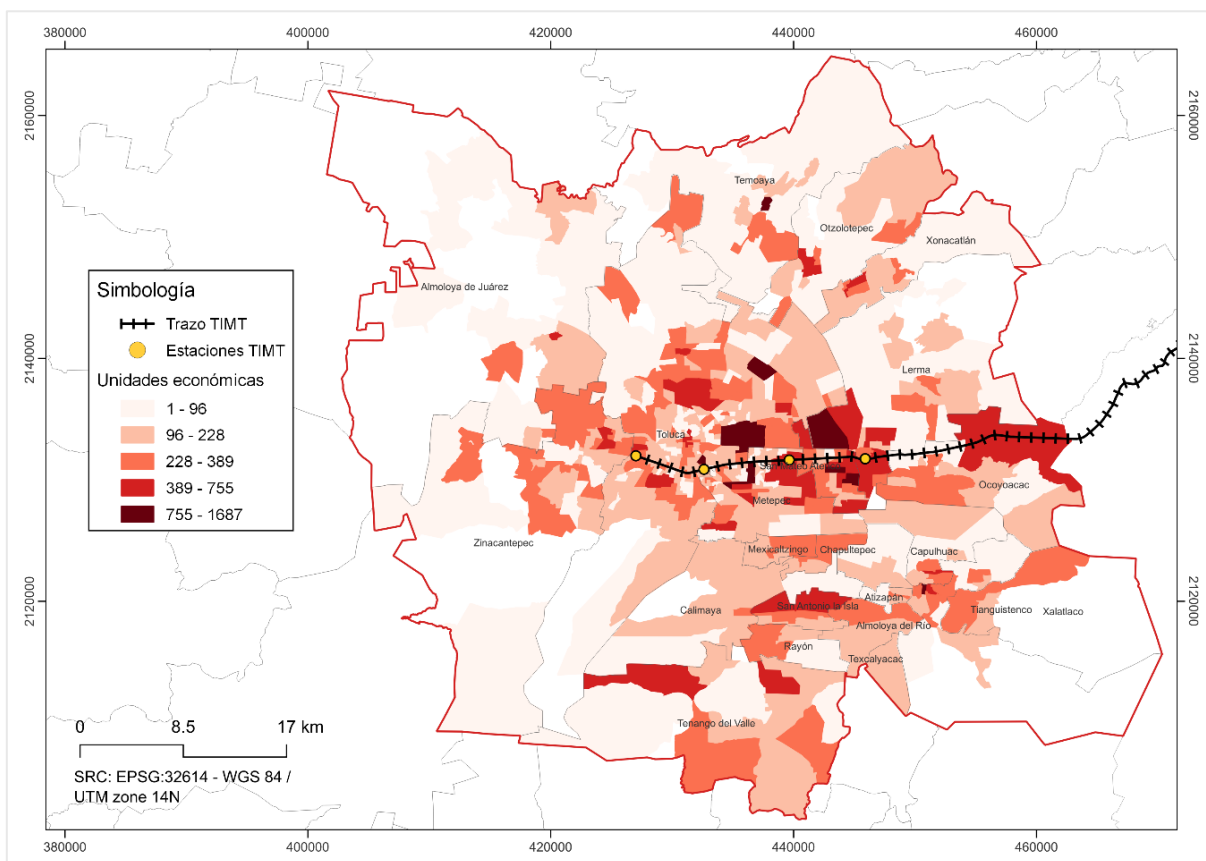
Gráfica 4. Tasa de crecimiento media anual por quinquenio de unidades económicas en la ZMTT y el Estado de México, 2004 - 2019



Fuente: elaboración propia con base en los Censos Económicos del INEGI (2004, 2009, 2014, 2019).

De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI (2023), la ZMTT concentra el 17.89% de las unidades económicas totales del Estado de México, las cuales se distribuyen del centro hacia el oriente a través de un corredor central (ver mapa 5).

Mapa 5. Distribución de las unidades económicas en la ZMTT, 2023

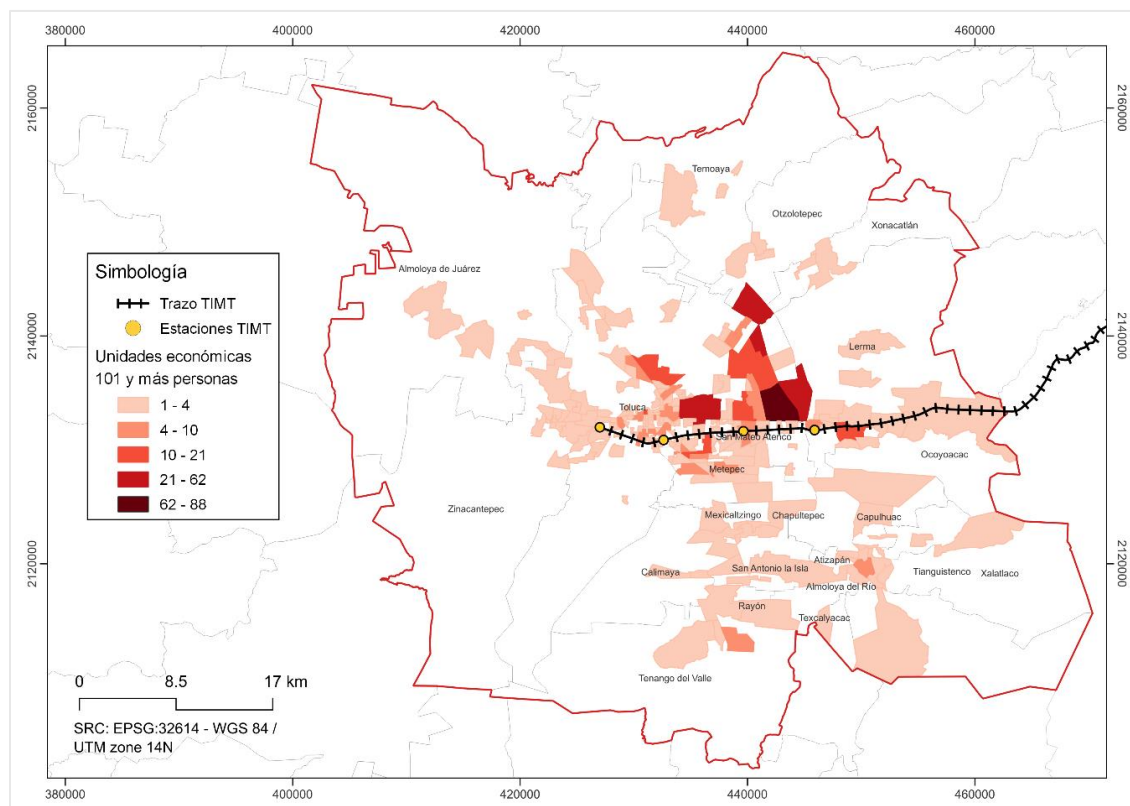


Fuente: elaboración propia con base en el DENUE, INEGI (2023).

Por otra parte, la ZMTT concentra a 1 de cada 4 grandes empresas (mayores a 101 empleados) que se localizan en el Estado de México. Este tipo de empresas se encuentran principalmente en la región centro – oriente de la ZMTT (ver mapa 6), en los municipios de Toluca y de Lerma, siendo este último el que contiene una sección electoral con 88 empresas de 101 y más personas ocupadas. Mientras que el número de unidades económicas desciende de forma rápida y heterogénea hacia la periferia.

En el caso de la zona metropolitana de Tianguistenco, hay una sección electoral que tiene 10 grandes empresas, localizadas al centro del municipio que lleva el mismo nombre. Mientras que, al sur, en Tenango del Valle, se localiza otro polo con 5 empresas.

Mapa 6. Unidades económicas de 101 personas y más por sección electoral en la ZMTT, 2023

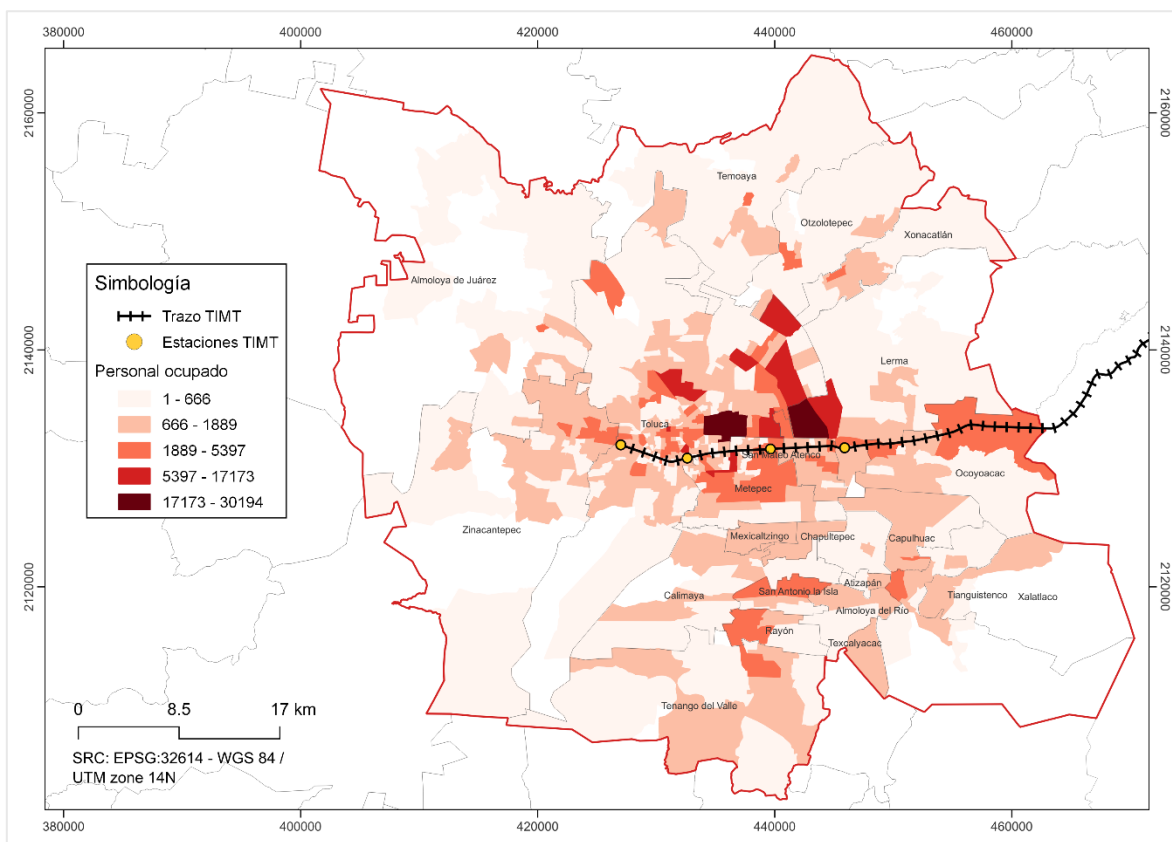


Fuente: elaboración propia con base en el DENU, INEGI (2023).

Por lo anterior, las grandes empresas tienden a localizarse en el centro – oriente de la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco, formando parques industriales que atraen a un número importante de personas.

Por otra parte, se calculó el número de personal ocupado por sección electoral a partir del rango intermedio de personas ocupadas por unidad económica conforme a la información proporcionada por el DENU (INEGI, 2023). Aunque no es propiamente un cálculo exacto, si provee una aproximación sobre las tendencias de distribución territorial del empleo (ver mapa 7).

Mapa 7. Personal ocupado por sección electoral, 2023



Fuente: elaboración propia con base en el DENUE, INEGI (2023).

En el mapa 7 se observa que en el oriente del municipio de Toluca existen secciones electorales con valores altos de personal ocupado, ligeramente hacia el norte de dos estaciones del tren (Metepec y Lerma). Por lo que, al menos visualmente, no se tiene una clara relación entre las estaciones y los lugares de atracción de viajes por empleo, pero esto aún no es concluyente.

Si bien no es propiamente el objetivo de esta investigación, se observa que las estaciones del tren interurbano no se encuentran completamente relacionadas con la ubicación de las empresas ni de los lugares de atracción de empleo. Una de las explicaciones a esto es que su construcción está mayormente pensada para poder conectar de forma rápida dos ciudades (Toluca con la Ciudad de México), no para ser un medio de transporte interno de la ZMTT, pero esto se analizará a fondo más adelante.

Caracterización del tren interurbano México – Toluca

A diferencia de los proyectos nacionales, el tren interurbano México – Toluca es un servicio de cercanías promovido por el Gobierno Federal que busca conectar a la zona metropolitana de Toluca con la zona centro – poniente de la Ciudad de México a través de una línea ferroviaria regional de 57.7 km de recorrido (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2013) con una inversión aproximada de 100 mil millones de pesos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2020b).

Esta obra comenzó a construirse en julio de 2014 con la finalidad de atender los problemas de movilidad de, al menos, 700 mil personas que diariamente transitan entre ambas ciudades, situación que permita ordenar los espacios urbanos y rurales que se encuentran a lo largo del recorrido (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2013) provocando una disminución significativa del tiempo de traslado en por lo menos 90 minutos desde la estación Zinacantepec hasta la Ciudad de México (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2020b).

De acuerdo con diversas fuentes consultadas (Gómez Martínez, 2018; Mondragón Ixtlahuac et al., 2017; Rocha Chiu & Jiménez Argüelles, 2016; Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2013, 2017, 2020a) el TIMT recorrerá su trayecto a través de 48 km de vía elevada, 4.5 km de vía en túnel y 4.3 km sobre superficie, se encuentra conformado por 7 estaciones, cuatro en el Estado de México y tres en la Ciudad de México (ver tabla 4).

Tabla 4. Estaciones del Tren Interurbano México - Toluca

Estación	Ubicación	Característica
Zinacantepec	Toluca, Estado de México	Derrotero y área de talleres
Toluca centro	Toluca, Estado de México	Intermedia
Metepec	Lerma, Estado de México	Intermedia
Lerma	Lerma, Estado de México	Intermedia
Santa Fe	Cuajimalpa, Ciudad de México	Intermedia

Vasco de Quiroga	Cuajimalpa, Ciudad de México	Intermedia y conexión con el Cablebús ¹ Línea 3.
Observatorio	Alvaro Obregón, Ciudad de México	Derrotero y conectividad las líneas 1 y 12 del Sistema Colectivo Metro.

Fuente: elaboración propia.

El TIMT está integrado por 5 tramos. El tramo I “Zinacantepec – La Marquesa” está conformado por 36 kilómetros de recorrido dentro del Estado de México integrada por 4 estaciones, partiendo de los límites del municipio de Toluca y Zinacantepec (donde se encuentra uno de los derroteros), hasta Ocoyoacac.

El tramo II está conformado por una longitud de 4.7 km, sin estaciones, que atraviesa la sierra de las Cruces a través de un bitonel el cual cuenta con 24 galerías con sistema de ventilación y 19 de ellas con evacuación que se pueden usar en caso de emergencias (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2020a).

Mientras que el tramo III “Observatorio” se encuentra en la Ciudad de México, tiene una longitud de 17 km partiendo desde la salida del bitonel hasta el derrotero de Observatorio. En el proyecto original solo contaban con dos estaciones, pero en 2021 se agregó la estación “Vasco de Quiroga” ubicada en la zona tradicional de Santa Fe, además se construye un viaducto atirantado y uno doble voladizo².

Finalmente, el tramo IV corresponde a la catenaria, la vía, la obra electromecánica y el centro de control, mientras que el tramo V se integra por las cocheras y talleres construidos en 22 hectáreas en el derrotero de Zinacantepec (Secretaría de Comunicaciones y

¹ El “Cablebús” es un sistema de transporte de tipo teleférico que mueve a las personas a través de cabinas para un máximo de 10 ocupantes. Actualmente cuenta con 3 líneas: Línea 1 “Indios Verdes – Cuauhtémoc”; Línea 2 “Constitución de 1917 – Santa Marta”; y Línea 3 “Los Pinos / Constituyentes – Vasco de Quiroga” (Gobierno de la Ciudad de México, 2023, 2024b)

² De acuerdo con las declaraciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2022) el viaducto se construyó para garantizar el abastecimiento del Manantial de Santa Fe el cual provee de agua a la población de los alrededores.

Transportes, 2020a). Las características principales del TIMT se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5. Características principales del TIMT

Descripción
57.7 kilómetros de longitud
7 estaciones
39 minutos de recorrido de terminal a terminal
90 km/h de velocidad comercial, 120 km/h velocidad máxima
20 trenes disponibles para el servicio con 5 vagones cada uno ³
700 pasajeros por tren aproximadamente
230 mil usuarios diarios
27 mil 827 toneladas menos de contaminantes

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2020a).

En la tabla 6 se muestran las tarifas vigentes publicadas por el Gobierno de México (2024a) y registradas ante la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. Se observa que el viaje más largo, correspondiente al recorrido de la estación de Zinacantepec a Observatorio tiene un costo de \$100.00 pesos mexicanos, mientras que el más corto es de \$15.00 pesos, siendo de una estación a otra cuando se trata de estaciones en el Estado de México o en la Ciudad de México. Mientras que el costo del trayecto de las estaciones intermedias de Lerma a Santa Fe es de \$60.00.

Tabla 6. Tarifas vigentes del TIMT

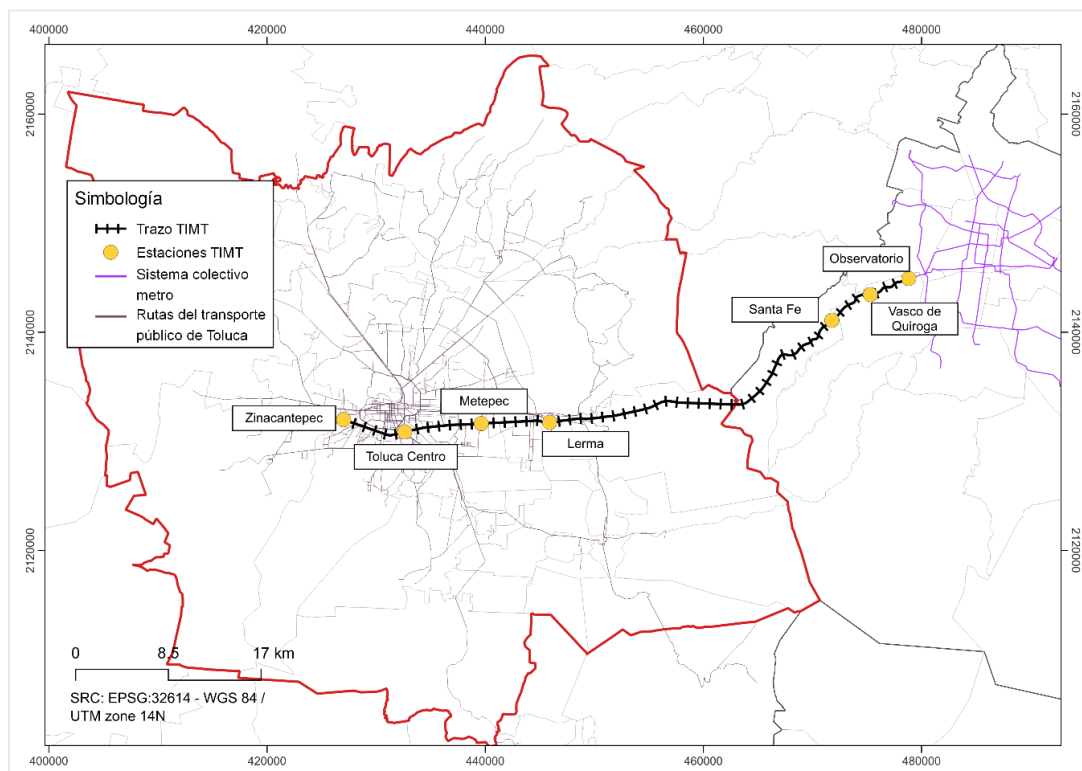
Origen / Destino	Observatorio	Vasco de Quiroga	Santa Fe	Lerma	Metepec	Toluca Centro	Zinacantepec
Observatorio		\$15.00	\$25.00	\$70.00	\$80.00	\$90.00	\$100.00
Vasco de Quiroga	\$15.00		\$15.00	\$60.00	\$70.00	\$80.00	\$90.00
Santa Fe	\$25.00	\$15.00		\$60.00	\$70.00	\$80.00	\$90.00
Lerma	\$70.00	\$60.00	\$60.00		\$15.00	\$20.00	\$20.00
Metepec	\$80.00	\$70.00	\$70.00	\$15.00		\$15.00	\$20.00
Toluca Centro	\$90.00	\$80.00	\$80.00	\$20.00	\$15.00		\$15.00
Zinacantepec	\$100.00	\$90.00	\$90.00	\$20.00	\$20.00	\$15.00	

Fuente: elaboración propia con base en información del Gobierno de México (2024a).

³ En un inicio se tenían contemplados 30 trenes para la atención del servicio (Gobierno de México, 2022), sin embargo, en un anuncio de la Secretaría de Gobernación se informó que 10 de esos trenes serán utilizados en la ampliación del tren suburbano Buenavista – AIFA (Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles).

En el mapa 8 se observa el trazo del TIMT, desde la estación de Zinacantepec (al poniente) hasta su derrotero en la estación Observatorio (al oriente). En la zona metropolitana de Toluca el tren se conecta con el servicio de transporte público tradicional, mientras que en la Ciudad de México lo hace con el Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Mapa 8. Trazo del TIMT, sus estaciones y conectividad con el servicio de transporte público



Fuente: elaboración propia con información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007) para las líneas de transporte público de Toluca, la red del Sistema Colectivo Metro se trazó de acuerdo con los datos publicados por el Gobierno de la Ciudad de México (2024a) y el trazo del TIMT es elaboración propia.

Las 4 estaciones del tramo I se encuentran sobre la avenida Solidaridad – Las Torres, la cual, de acuerdo con el Centro Mario Molina (2014), es un boulevard de velocidad baja, en promedio de 34 a 39 km/h, que conecta de poniente a oriente a la zona metropolitana de Toluca, específicamente los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec y Lerma. Tiene 3 carriles por sentido, que en algunos tramos se amplían a 5 por medio de libramientos bajo puentes que funcionan para liberar parte del flujo vehicular.

Como se mencionó anteriormente, las cuatro estaciones del tramo I del TIMT realizan su recorrido sobre una vía elevada que se encuentra en el centro del boulevard Solidaridad – Las Torres. En las siguientes fotografías se observan la infraestructura de las estaciones Zinacantepec, Toluca Centro, Metepec y Lerma.

Fotografía 1. Estación de Zinacantepec vista desde la salida peatonal de la estación



Fuente: captura propia.

Nota: Se observa el boulevard Solidaridad las Torres en dirección a Zinacantepec, a la izquierda viviendas de la colonia San Buenaventura.

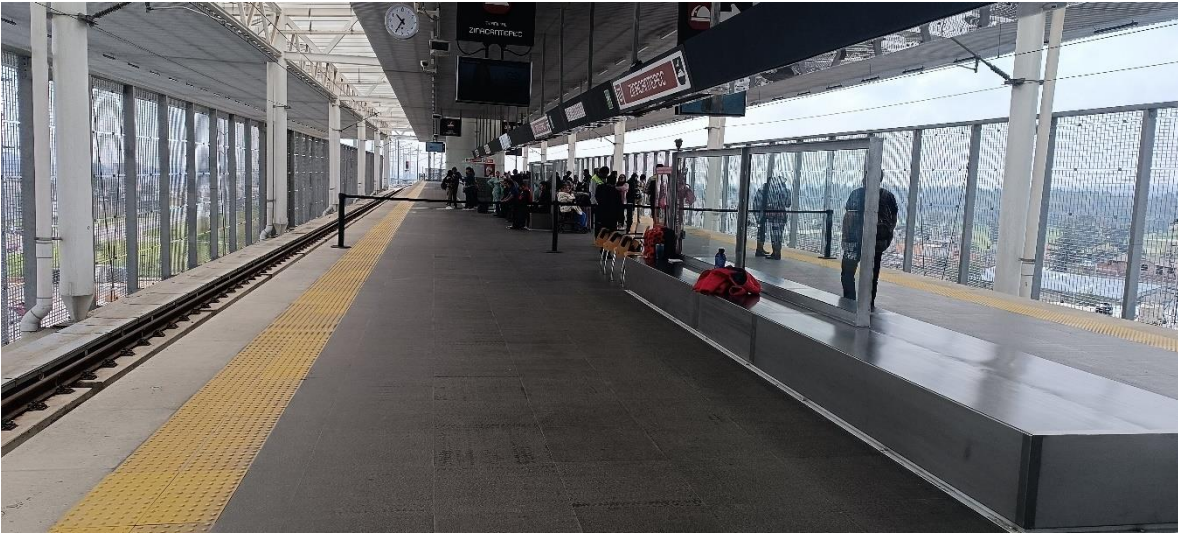
Fotografía 2. Estación de Zinacantepec vista desde el estacionamiento



Fuente: captura propia.

Nota: Se observa el boulevard Solidaridad las Torres en dirección a Zinacantepec.

Fotografía 3. Estación Zinacantepec, vista desde el andén



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda se observa el andén de descenso de los usuarios, a la derecha la correspondencia con Observatorio.

Fotografía 4. Estación Toluca Centro vista desde el boulevard José María Pino Suárez en dirección a Toluca



Fuente: captura propia.

Nota: Se observa el cruce con el boulevard Solidaridad las Torres y el paso de transporte público.

Fotografía 5. Estación Toluca Centro vista desde el boulevard Solidaridad las Torres en dirección a Metepec



Fuente: captura propia.

Nota: Se observa a usuarios del transporte público esperando el arribo del servicio.

Fotografía 6. Estación Toluca Centro vista desde el boulevard José María Pino Suárez en dirección a Metepec



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda la entrada oriente de la estación, a la derecha parte de la entrada poniente de la estación. El carril de la extrema izquierda se utiliza para ascenso y descenso de personas.

Fotografía 7. Estación Toluca Centro, vista desde el andén



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda se observa la correspondencia con Zinacantepec, a la derecha con Observatorio.

Fotografía 8. Estación Metepec vista desde el boulevard Solidaridad las Torres en cruce con la avenida Tecnológico



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda la entrada oriente de la estación, a la derecha un paso a desnivel del boulevard Solidaridad las Torres en dirección a Lerma.

Fotografía 9. Estación Metepec vista desde la avenida Tecnológico en dirección sur



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda la entrada oriente de la estación, a la derecha la entrada poniente. Se observa un carril externo derecho que para el ascenso y descenso de usuarios.

Fotografía 10. estación Metepec vista desde el andén



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda su correspondencia con Zinacantepec, a la derecha usuarios esperando el arribo del tren con dirección a Observatorio.

Fotografía 11. Estación Lerma vista desde el cruce del boulevard Solidaridad las Torres y la calle Benito Juárez



Fuente: captura propia.

Nota: Se observa un autobús en dirección a Observatorio que sale de la estación del tren. A la izquierda la entrada única a la estación. Al fondo el puente vehicular que distribuye el flujo vehicular desde la carretera México – Toluca.

Fotografía 12. Estación Lerma vista desde el andén



Fuente: captura propia.

Nota: A la izquierda su correspondencia con Zinacantepec, a la derecha con Observatorio. Se encuentra en el andén un tren con dirección a la estación Santa Fe.

Respecto a su operación, debido a la complejidad del proyecto, el Gobierno de México a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte decidió realizar la apertura del servicio en cuatro etapas. La primera corresponde al tramo I, abarcando las estaciones de

Zinacantepec, Toluca Centro, Metepec y Lerma, las cuales fueron inauguradas el 15 de septiembre de 2023 (Gobierno de México, 2023b).

La segunda etapa fue inaugurada el 31 de agosto de 2024 abriendo al público el 01 de septiembre. Esta corresponde a la apertura de la estación Santa Fe, por lo que por primera vez se conectó a la Ciudad de Toluca con la Ciudad de México a través de este servicio de transporte (Gobierno de México, 2024b).

La tercera etapa, correspondiente a la apertura de la estación Vasco de Quiroga, será inaugurada en el mes de diciembre de 2024, mientras que la cuarta etapa perteneciente a la estación Observatorio está proyectada a inaugurarse en el primer semestre de 2025.

Caracterización del transporte en la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco

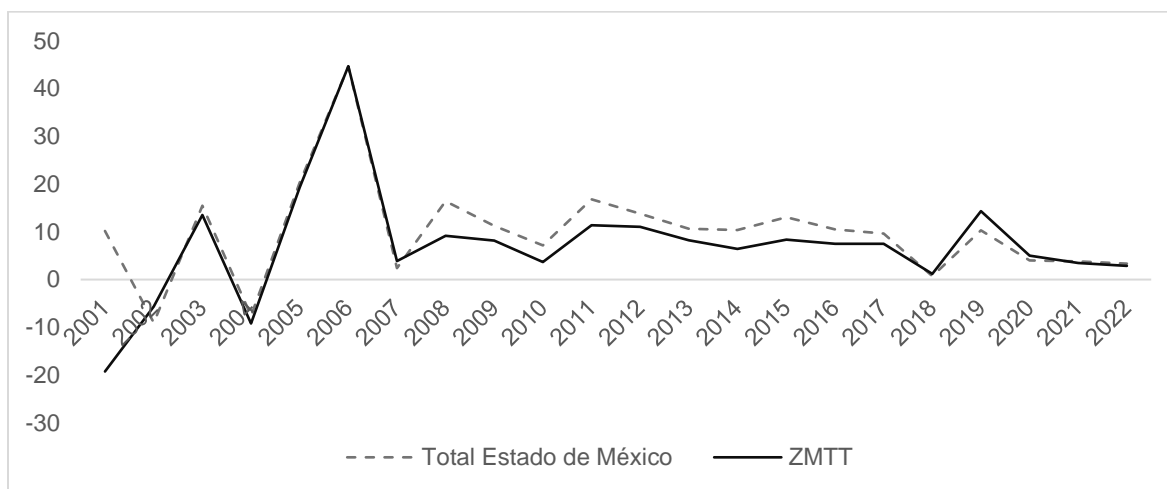
Aunque no es propio de este estudio analizar a profundidad los comportamientos del uso de transporte particular en la población de la zona de estudio, vale la pena realizar una caracterización que otorgue argumentos para la construcción del tren interurbano. Uno de ellos es, precisamente, el extenso y constante tráfico que ocurre a diario en la carretera México – Toluca (Hoyos Castillo & Camacho Ramírez, 2010), acompañada de factores negativos como los accidentes (Cadengo Ramírez et al., 2020).

Diversos estudios han mostrado que la reducción del uso del automóvil en las grandes ciudades conlleva beneficios en diferentes ámbitos, como la salud o el bienestar en general (Hess, 2022), la disminución de contaminantes en el aire, el tráfico, accidentes entre otros. Sin embargo, los gobiernos locales no son claros en establecer políticas que contribuyan a esta meta.

El caso de las ciudades de México no es diferente a otros, de acuerdo con datos del INEGI, en 2022 se registraron 898,250 automóviles en circulación dentro de la zona de estudio, representando el 13% del total estatal. Desde el periodo 2001 – 2002 la tasa de crecimiento

de los autos en la ZMTT ha tenido un ritmo de aumento muy similar al del total del Estado de México (véase gráfica 5) con un crecimiento ligeramente intenso para los años 2007 – 2018.

Gráfica 5. Tasa de crecimiento anual de los automóviles registrados en circulación a nivel municipal en la ZMTT y el Estado de México 2000 - 2022

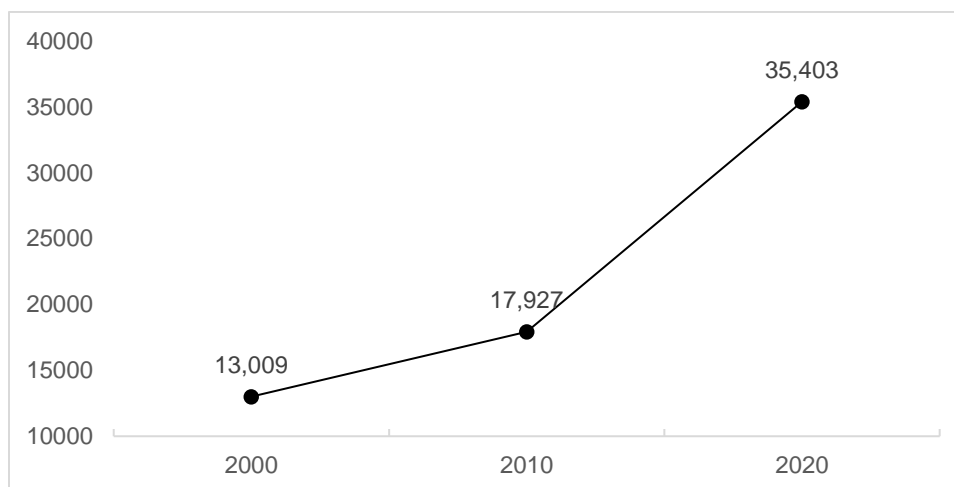


Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2022).

Destaca que en los primeros 5 años, que van del 2000 al 2005, el registro de autos en circulación muestra comportamientos con altibajos, sin embargo, a partir del año 2006 los automóviles mantienen tasas positivas en todos los periodos, hasta el 2022. Esto es muestra de la creciente dependencia del uso del auto para poder desplazarse.

En la gráfica 6 se encuentra el índice de motorización, el cual es un indicador del número de autos por cada 100 mil habitantes para el total de la ZMTT. Se puede observar que en el año 2000 existían un promedio de 13 mil autos por cada 100 mil habitantes, pero esta relación prácticamente se triplicó, hasta llegar a los 35 mil. Es decir, que actualmente se encuentra registrado 1 auto por cada 3 personas.

Gráfica 6. Índice de motorización, número de autos por cada 100 mil habitantes para la ZMTT, 2000 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2022)

A nivel municipal, Toluca, Metepec y Lerma concentran prácticamente el 70% del registro de autos, siendo Toluca el municipio que concentra el 48% (ver tabla 7). Mientras que los municipios que se encuentran hacia la periferia son los que menos participan. San Antonio la Isla; Xalatlaco; Mexicaltzingo; Chapultepec; Almoloya del Río; Rayón; y Texcalyacac aportan menos de uno por ciento de forma individual, acumulando entre ellos el 3% de participación al total.

Esto refleja que las necesidades de transporte público incrementan hacia las periferias, mientras que la dependencia del uso de los autos y, por lo tanto, la carga de tráfico vehicular se encuentra en los municipios centrales (al menos en sus regiones más urbanizadas).

Tabla 7. Autos registrados en circulación para los municipios de la ZMTT, 2022

#	Municipio	Participación a la ZMTT (%)	Participación a la ZMTT (% acumulado)
1	Toluca	48.0%	48.0%
2	Metepec	15.7%	63.6%
3	Lerma	5.9%	69.6%
4	Zinacantepec	5.1%	74.7%
5	Almoloya de Juárez	3.5%	78.2%

6	San Mateo Atenco	3.4%	81.6%
7	Ocoyoacac	2.3%	83.9%
8	Tianguistenco	2.2%	86.1%
9	Temoaya	1.9%	88.0%
10	Calimaya	1.8%	89.8%
11	Tenango del Valle	1.8%	91.5%
12	Otzolotepec	1.6%	93.1%
13	Xonacatlán	1.5%	94.6%
14	Atizapán	1.3%	95.9%
15	Capulhuac	1.1%	97.0%
16	San Antonio la Isla	0.7%	97.7%
17	Xalatlaco	0.7%	98.4%
18	Mexicaltzingo	0.4%	98.9%
19	Chapultepec	0.4%	99.2%
20	Almoleya del Río	0.3%	99.6%
21	Rayón	0.3%	99.8%
22	Texcalyacac	0.2%	100.0%

Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2022)

En cuanto al servicio de transporte público, desde el punto de vista normativo, se pueden clasificar en dos tipos: los regulados y los no regulados. Los primeros funcionan a través de marcos normativos establecidos por el Gobierno del Estado de México y su poder Legislativo. El segundo se encuentra al margen de las leyes, pero que al mismo tiempo son tolerados por los reguladores del transporte, ya que representan un aporte significativo para la movilidad de regiones (principalmente las marginadas).

El transporte público no regulado se refleja en modos de transporte como los bicitaxis, mototaxis o taxis colectivos, pero de los cuales se desconocen sus rutas, cantidad de vehículos e incluso su cobertura. Por lo que no se toman en cuenta para el estudio de esta investigación.

Por su parte, dentro del transporte público regulado podemos encontrar el transporte estructurado y el concesionado. Dentro del primero se encuentra al regulado y administrado por el Gobierno Estatal a través del Sistema de Transporte Masivo y Teleférico (SITRAMYTEM), el cual busca diversificar los tipos de servicio de movilidad a través del

denominado Mexibus, el cual es un sistema de tipo Bus Rapid Transit (Secretaría de Movilidad, 2024a) y el Mexicable, o transporte de tipo teleférico (Secretaría de Movilidad, 2024b), los cuales dan servicio al norte y oriente de la entidad (fuera del área de estudio).

Por otra parte, dentro del transporte estructurado también se puede encontrar al tren suburbano administrado por la empresa Ferrocarriles Suburbanos S.A. de C.V. Es un transporte masivo de personas que conecta el norte del Estado de México con la estación Buenavista ubicada al centro – norte de la Ciudad de México en un recorrido de 27 kilómetros que se realiza en aproximadamente 25 minutos. Esta misma distancia era recorrida por los usuarios en un tiempo de 1 hora con 30 minutos, por lo que el servicio es de gran ayuda para la población (Ferrocarriles Suburbanos, 2023).

Finalmente se encuentra el Tren Interurbano “El Insurgente”, el cual conecta a la ciudad de Toluca con la Ciudad de México, del cual se habló con anterioridad. Estos modos de transporte, al ser servicios regulados por el Gobierno, ofrecen diversas ventajas para el usuario, como comodidad, rapidez para llegar a los diferentes destinos, seguridad y claridad en los recorridos. El problema es que su cobertura es limitada. Se encuentran principalmente en la zona norte y oriente Estado de México. El único servicio de este tipo para el valle de Toluca y el poniente del estado es el TIMT.

El transporte público concesionado es el servicio que se otorga a través de empresas privadas por medio de una cesión de derechos otorgada por el Gobierno del Estado de México (2015). Para el caso de esta entidad, las concesiones que se otorgan son las siguientes:

- A colectivos de pasajeros en ruta fija
- A autobuses de pasajeros
- En modalidad de carga y pasaje

- A automóviles de alquiler y radio servicio
- Al transporte escolar, personal de empresa, turismo

Para el caso de este trabajo el análisis se realiza tomando el servicio de transporte colectivo de pasajeros en ruta fija. En el Estado de México se encuentra conformado por: autobuses urbanos; microbuses; y camionetas tipo van. Como menciona Hinojosa Reyes et al. (2014), este tipo de transporte tradicional existe desde los años ochenta y pocas modificaciones ha tenido, pero mantiene los mismos problemas de ineficiencia: baja capacidad, lo que lleva a saturación; lentitud; poca cobertura; irregularidades en su servicio y en su control; además de los recientes temas de inseguridad.

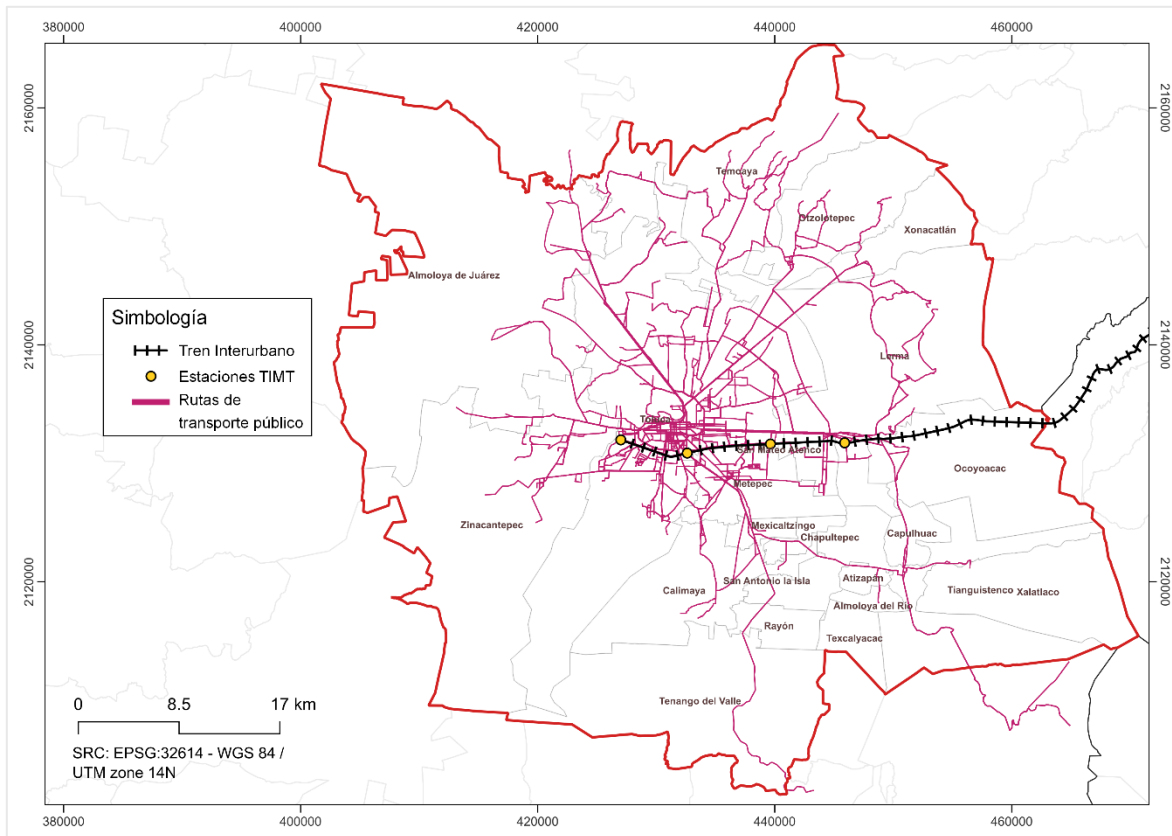
En la ZMTT, de los tres tipos de servicio concesionado, la mayoría de las unidades son autobuses urbanos de pasajeros, los cuales tienen una capacidad media-baja de alrededor de 35 pasajeros sentados y 30 de pie (Fabela Gallegos & Durán Aguilar, 2007). Los cuales circulan a través de una red que cubre la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco con una longitud total de aproximadamente 9,309.97 km de largo y 217 rutas⁴ (ver mapa 9). Se encuentra operada por 25 empresas que tienen, al menos, 4 rutas a su cargo, estas son:

- Autobuses estrella del noreste S.A. de C.V.
- Autobuses flecha blanca de Toluca S.A. de C.V.
- Autobuses Toluca Tlachaloya y ramales S.A. de C.V.
- Autotransportes 2 de marzo, S.A. de C.V.
- Autotransportes colon nacional S.A. de C.V.
- Autotransportes corsarios del norte S.A. de C.V.
- Autotransportes de segunda clase de pasajeros ala de oro S.A. de C.V.
- Autotransportes del valle de Toluca S.A. de C.V.
- Autotransportes México-Toluca-Zinacantepec y ramales S.A. de C.V.
- Autotransportes primero de mayo S.A. de C.V.
- Autotransportes suburbanos de Toluca y zona industrial S.A. de C.V.
- Autotransportes Temoayenses S.A. de C.V.
- Autotransportes Toluca-Calputitlán triangulo rojo S.A. de C.V.
- Autotransportes urbanos de Toluca y zona conurbada S.A. de C.V.

⁴ Se incluye la ruta que brinda la empresa contemplando el mismo origen y destino en ambos sentidos.

- Autotransportes urbanos y suburbanos Tollotzin, S.A. de C.V.
- Autotransportes urbanos y zona conurbada del valle de Toluca Adolfo López Mateos, S.A. de C.V.
- Autotransportes águila, S.A. de C.V.
- Autotransportes Toluca - Cuatro caminos, S.A. de C.V.
- Línea de Autotransportes San José de las lomas - San Diego S.A. de C.V.
- Línea de turismos Toluca - Tenango estrella de oro S.A. de C.V.
- Servicios urbanos y suburbanos Xinantecátl S.A. de C.V.
- Sistema de transporte urbano y suburbano de la ciudad de Toluca, S.A. de C.V.
- Transportes crucero S.A. de C.V.
- Transportes de pasajeros de segunda clase flecha de oro S.A. de C.V.
- Transportes urbanos y suburbanos Tollocan S.A. de C.V.

Mapa 9. Rutas de transporte público en la zona metropolitana Toluca – Tianguistenco, 2007



Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema para la Planeación del Transporte (Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público, 2007)

Como menciona Hinojosa Reyes et al. (2014), la mayoría de estas rutas tienen como destino el municipio de Toluca, debido a que es el centro económico y político de la región.

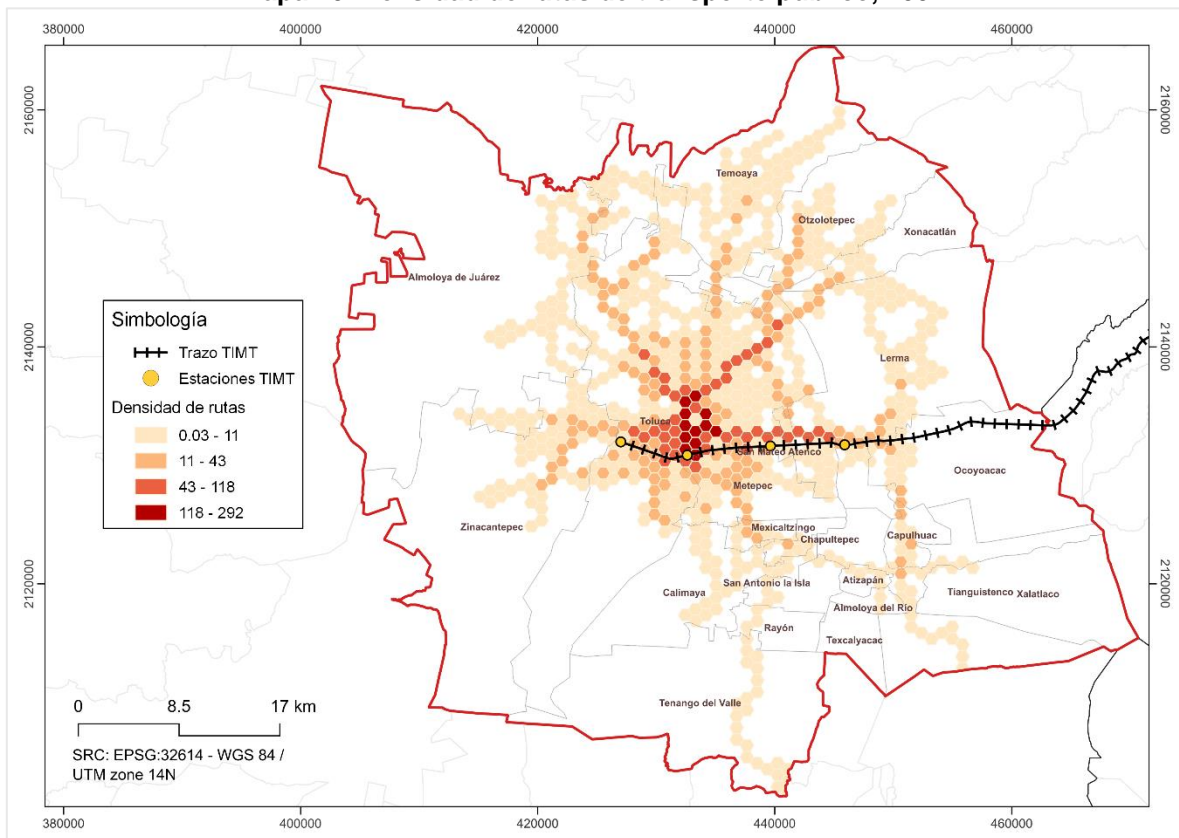
Para observar este comportamiento se elaboró una malla hexagonal que cubrió toda la ZMTT con un kilómetro de espaciado horizontal y vertical, posteriormente se dividieron los kilómetros lineales de cada ruta por el total de kilómetros cuadrados de cada hexágono para poder obtener la densidad de rutas.

Como se puede observar en el mapa 10, las regiones del centro de la ZMTT tienen una alta densidad de rutas por kilómetro cuadrado las cuales se extienden hacia el norte y en menor medida hacia el oriente, con un comportamiento descendiente hacia la periferia. Esto muestra que las mejores condiciones de disponibilidad de servicios de transporte se encuentran hacia el centro, las cuales son las zonas más urbanizadas, mientras que los sitios más alejados tienen mayor dificultad para desplazarse por este modo.

Sin embargo, existen diversos problemas con este tipo de servicio de transporte. El primero es el derivado de las condiciones ofertadas por la empresa, su baja capacidad para mover personas y lentitud en el servicio ocasiona que en horarios específicos y en rutas particulares existan unidades saturadas, generando al mismo tiempo inconformidad por parte de los usuarios.

Por otra parte, la falta de planeación ha llevado a una sobreoferta de rutas de transporte, lo provocando que existan múltiples líneas en una misma avenida (Centro Mario Molina, 2014; Hinojosa Reyes et al., 2014), situación que provoca bajas tasas de ocupación de las unidades. Además de lo referido por Hinojosa Reyes et al. (2014) como sinuosidad en las rutas, lo que lleva a que los trayectos sean más largos y, por ende, más tardados.

Mapa 10. Densidad de rutas de transporte público, 2007



Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007).

Como se observa, los retos en cuestión de movilidad y transporte para la ZMTT son grandes. Por una parte, se tiene una creciente dependencia del uso del automóvil, razón por la cual existe un continuo crecimiento del parque vehicular. Por otra, un servicio de transporte público poco organizado, que se caracteriza por su lentitud, incomodidad, desorganización en cuanto a sus rutas, sobre – oferta en avenidas principales, además de cobertura centralizada en Toluca.

Capítulo III: Marco metodológico

En el presente capítulo se describen los métodos que se utilizaron para el análisis de accesibilidad de la población a las estaciones del tren interurbano a través de la red de transporte público en la ZMTT. El proceso se realiza en dos etapas, por una parte, por medio del método de análisis de componentes principales, se replicó el *índice de rezago social*, el cual es una metodología definida por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Posteriormente, se aplica el *índice de accesibilidad* propuesto por Buzai & Montes Galbán (2021), el cual permite medir la diferencia entre el tiempo real y el ideal del traslado de las personas.

Una vez que se implementan, los valores de accesibilidad se integran al índice de rezago social para determinar el impacto del acceso de la población a las estaciones del tren en las dimensiones de la pobreza.

Desarrollo del Índice de Rezago Social para la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco

Para poder medir el rezago social se tomó la metodología implementada por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Originalmente es un indicador espacial a nivel AGEB urbano que mide el acceso de la población a sus derechos sociales y de sus propios bienes.

Logra medir cuatro dimensiones de la pobreza (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2022):

- I. rezago educativo;
- II. acceso a los servicios de salud;
- III. calidad y espacios de la vivienda;
- IV. bienes del hogar.

El IRS no es propiamente una medida de la pobreza multidimensional, como si lo es el Índice de Marginación Urbana desarrollado por el Consejo Nacional de Población (2021).

No obstante, es una herramienta que permite identificar áreas territoriales prioritarias para el estudio, diseño e implementación de políticas públicas a un nivel de desagregación geográfica más detallado (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2022).

En el portal del CONEVAL se pueden encontrar los resultados de la aplicación del Índice de Rezago Social (IRS) y la categorización gradual para cada uno de los polígonos. Sin embargo, no se encuentran los valores numéricos de los indicadores utilizados para cada uno de los AGEB ya que algunos de los valores son de carácter confidencial. Como parte de la metodología, en la presente investigación se incorporan los valores de accesibilidad a IRS, por lo que es necesario contar con los valores numéricos de cada indicador, al no poder contar con ello, se decidió reconstruir el IRS pero a una escala diferente.

Para la reelaboración del IRS se retomaron los indicadores propuestos en la metodología publicada por el propio CONEVAL mientras que la información proviene del Censo de Población y Vivienda 2020 proporcionado por el INEGI (2020) y los cálculos se realizan a nivel de sección electoral (ver tabla 8).

Tabla 8. Indicadores utilizados para la construcción del IRS a nivel sección electoral citar la tabla en el texto

Dimensión	Indicador en términos porcentuales por sección electoral
Rezago educativo	Población de 15 años o más analfabeta
	Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	Población de 15 a 24 años que no asiste a la escuela
	Población de 15 años o más con educación básica incompleta
Acceso a los servicios de salud	Población sin derechohabencia a servicios de salud
Calidad y espacios de la vivienda	Viviendas con hacinamiento
	Viviendas con piso de tierra
Bienes del hogar	Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública
	Viviendas que no disponen de excusado o sanitario
	Viviendas que no disponen de drenaje
	Viviendas que no disponen de energía eléctrica
	Viviendas que no disponen de lavadora

Viviendas que no disponen de refrigerador
 Viviendas que no disponen de teléfono fijo
 Viviendas que no disponen de celular
 Viviendas que no disponen de computadora (computadora,
 laptop o tablet)
 Viviendas que no disponen de internet

Fuente: elaboración propia con base en la metodología del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2022).

Es importante mencionar que los valores para la construcción del indicador de *viviendas con hacinamiento* fueron modificados. En la metodología original, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2022) determina que una vivienda tiene hacinamiento si el número de personas por cuarto (contando la cocina, pero excluyendo pasillos y baños) es mayor a 2.5. De esta manera, logra determinar el porcentaje de viviendas con esta condición a nivel AGEB. Sin embargo, estos datos no están disponibles al público en general debido al principio de confidencialidad de la información.

Para solventar esto, se toma la variable de *promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas*, publicado en el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020a), el cual es el resultado de dividir el número de personas que habitan una vivienda entre el número de cuartos. Aunque no es propiamente una medición de hacinamiento, sí logra capturar parte de esa información deseada.

Una vez que se estandarizaron las variables, se aplicó el método de reducción de dimensiones a través del Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés: *principal component analysis*). Este consiste en la transformación de indicadores originales x_1, x_2, \dots, x_n en un conjunto de valores distintos f_1, f_2, \dots, f_n . Estos nuevos componentes no tienen correlación entre sí, mientras que contienen información de los originales de forma jerárquica donde $f_1 > f_2 > \dots > f_n$, de tal forma que f_1 explica un determinado porcentaje de la varianza general de los indicadores y es mayor que f_2 , lo que ocurre sucesivamente con los demás (Hernández Orallo et al., 2004; Peña, 2002).

Para poder realizar el PCA, en primer lugar, se considera la eliminación de una fila con valores perdidos, correspondiente a la sección electoral 156614, quedando un total de 761 observaciones. Posteriormente, los datos se normalizan a partir de la **función [2]**:

$$\text{Función [2] } z_i = \frac{x - \mu_i}{\sigma_i}$$

Donde:

- z_i es el indicador i normalizado
- x es la observación del indicador i
- μ_i es la media del indicador i
- σ_i es la desviación estándar del indicador i

Por lo anterior, los indicadores a – q tienen media = 0 y desviación estándar = 1. Este es un punto importante que debe de cumplir los datos para poder aplicar el análisis PCA. Una vez que se obtuvo el índice de rezago social (IRS), se categorizó en grados a partir del método de estratificación óptima desarrollado por Dalenius & Hodges (1959) para obtener el grado de rezago social (GRS). Es decir, el IRS es un valor numérico que permite realizar diferentes análisis, mientras que el GRS es la estratificación del índice para poder determinar una escala legible.

Finalmente, se analizó el IRS numérico a través de métodos de autocorrelación espacial. En primer lugar, se construyó el I de Moran global utilizando una matriz de pesos espaciales con un método de distancia euclidiano. En segundo lugar, se elaboró el indicador local de autocorrelación espacial (LISA, por sus siglas en inglés) propuesto por Anselin (1995), donde se realizaron 999 permutaciones.

En cuanto al nivel de desagregación de datos para la construcción del IRS, se trabajó con la información del Censo de Población y Vivienda 2020 a escala geoelectoral⁵. Esto se debe

⁵ La escala geoelectoral se refiere a una desagregación de la información del Censo de Población y Vivienda 2020 con la división administrativa generada por el Instituto Nacional Electoral que permite un análisis a menor escala en comparación con la tradicional división territorial de AGEB, localidad o manzana (INEGI, 2020c).

a la disponibilidad de datos a una menor escala que permita realizar la reconstrucción del índice de rezago social sin la pérdida de información.

El marco geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010b) está conformado por la siguiente desagregación: estado, municipio, localidad, área geoestadística básica (AGEB) y manzana.

De acuerdo con el marco legal para la construcción del censo de población 2020 (y anteriores) existe información que no puede mostrarse al público por considerarse de carácter confidencial (INEGI, 2021). Esto provoca que exista pérdida de información cuando se desagrega del estatal a niveles inferiores como el AGEB. Para solucionar este problema, se toma la información del censo de población 2020 proveniente del marco geoelectoral. Este se encuentra mayormente regulado por el Instituto Nacional Electoral (INE), el cual clasifica su marco geoestadístico de la siguiente manera: estado, distrito federal, municipio, distrito local y sección electoral.

La sección electoral contiene polígonos a un nivel suficientemente desagregado que permite realizar análisis de población más precisos sin sacrificar la pérdida de información. En la tabla 9 se observa una comparación entre la información de población disponible para el Estado de México clasificada por el INEGI y por el INE. En el primer caso, la cifra de la suma de los datos municipales coincide al 100% con el proporcionado a nivel estatal. Sin embargo, a nivel inferior la información deja de coincidir, hasta con un 13% de pérdida de datos, lo que incrementa con otras variables más específicas.

Tabla 9. Información de población disponible para el Estado de México, 2020

Marco geoestadístico	Población total	Población femenina	Población masculina
INEGI			
Estado	100%	100%	100%
Municipio	100%	100%	100%

Localidad urbana	88%	88%	88%
AGEB urbano	88%	88%	88%
Manzana	88%	87%	88%
INE			
Estado	100%	100%	100%
Municipio	100%	100%	100%
Distrito	100%	100%	100%
Sección	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b)

Por lo anterior, la información de límites territoriales se toma del marco geoestadístico del INEGI, mientras que los análisis más desagregados se realizan con la información del INE. Es importante mencionar que la delimitación territorial – administrativa entre una entidad y otra varía.

Medidas de la interacción espacial del tren interurbano en la zona metropolitana de Toluca – Tianguistenco

Para el apartado de la movilidad urbana, se utilizó la variable de movilidad laboral publicada por el INEGI (2020a), la cual se refiere al municipio en donde se encuentra el lugar de trabajo de la población. De aquí se calcularon las participaciones de los viajes a nivel municipal tomando como referencia el total, posteriormente de forma acumulada, con el objetivo de observar las dinámicas internas de la zona de estudio.

Después se elaboraron dos mapas con las líneas de deseo de los viajes por motivo laboral, uno con destino a la zona metropolitana del Valle de México y otro con los destinos correspondientes a la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco, esto para observar las dinámicas de traslado de las personas.

Uno de los primeros pasos que se realizó para el análisis de la conectividad de las estaciones del tren con la población fue elaborar un mapa de cercanías, donde se mide la distancia de las secciones electorales hacia cada una de las estaciones, Zinacantepec, Toluca Centro, Metepec y Lerma, eligiendo el trazo más corto, creando una línea recta.

Estas líneas expresan la estación que, en caso de ser posible, una persona elegiría para poder abordar el servicio del tren, debido a que es la ruta más corta entre ambos puntos. Es decir, es la distancia euclidiana entre los puntos de población y cada una de las estaciones del TIMT.

Esta división también permite analizar la carga potencial de población que atendería cada una de las estaciones si las personas realmente pudieran acceder a estas. Para poder medirlo, se tomó la clasificación por estación y se sumó la cantidad de población que se encuentra en cada sección electoral.

Además de esto, se calculó la longitud de cada una de las líneas y se obtuvo la media aritmética por estación, esta medida permite un acercamiento sobre las distancias que la población en conjunto tiene que recorrer para poder llegar a cada uno de los puntos de servicio del TIMT. A valores más altos, las personas que podrían acceder a esa estación (porque es la más cercana que tiene) deben recorrer distancias más largas, por lo que puede convertirse en una barrera para el uso del tren.

Por otra parte, se realizó un análisis de la conectividad del tren con las rutas de transporte público, para esto, se tomaron las líneas a 400 metros de cada estación. De esta forma, se obtuvieron 4 redes de transporte público para cada uno de los paraderos, a las cuales se les generó sus puntos medios. Estos centroides, al ser comparados con las estaciones, indican las probabilidades de accesibilidad de la población para cada una de las estaciones, por ejemplo, si el punto medio está cargado hacia el nororiente se puede deducir que la población de esta región tendrá mejores oportunidades para llegar al tren.

Por último, para poder analizar estos primeros indicadores de forma integrada, se elaboraron 4 mapas, uno por estación, donde se observan las rutas de transporte público

que permiten el acceso al tren, un polígono con las secciones electorales más cercanas y el centroide de las rutas.

A partir de estos análisis, se construyó un modelo de accesibilidad para las condiciones generadas en los objetivos de la presente investigación. Es común que los estudios realizados sobre accesibilidad (Bono & Gutiérrez, 2011; Levinson, 2012; Liu & Zhu, 2004; Taylor et al., 2006) utilicen las vialidades (calles, carreteras o autopistas) del área de estudio como aquella red que conecta a la población con los lugares de destino, donde existe el supuesto implícito que las personas pueden desplazarse por el espacio de forma autónoma, sin restricciones más que los costos o la distancia, lo que implica el uso del automóvil.

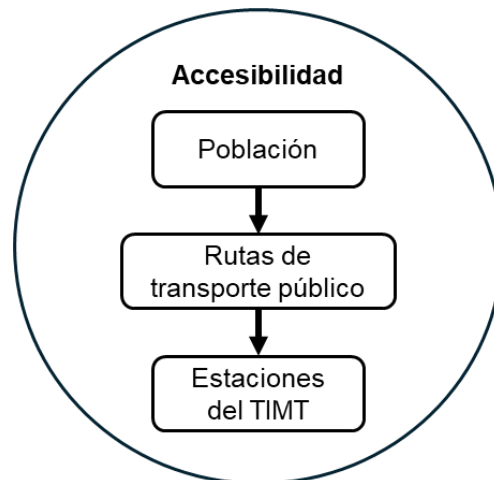
Sin embargo, la orientación de esta investigación se encuentra en aquellas personas que no pueden disponer de este modo de transporte y que requieren utilizar el transporte público para poder hacer transbordo hacia el TIMT, lo que agrega otra restricción al modelo. Por lo anterior, las rutas de transporte público serán las que marquen el sentido de accesibilidad para las personas.

En la figura 2 se encuentra el modelo conceptual para el análisis de la accesibilidad a las cuatro estaciones del TIMT que se encuentran en el tramo I. Se toma a la población como eje de origen, el cual podrá tomar las diferentes rutas de transporte público que tiene a su alcance para poder llegar al TIMT.

El problema por resolver a través del modelo de accesibilidad consiste en que las personas desean acceder a la estación más cercana a su localización a través de alguna de las rutas de transporte público disponible. Durante la planeación del viaje, la población evaluará las distintas opciones de rutas de transporte que tiene a su alcance, pero no podrá realizar transbordo entre líneas, por lo que se eliminan las opciones de transferencia de pasajeros

entre una ruta y otra. Mientras que estará dispuesta a caminar hasta 400 metros desde la parada del transporte público a la estación del tren.

Figura 2. Modelo conceptual para el análisis de la accesibilidad a las estaciones del TIMT



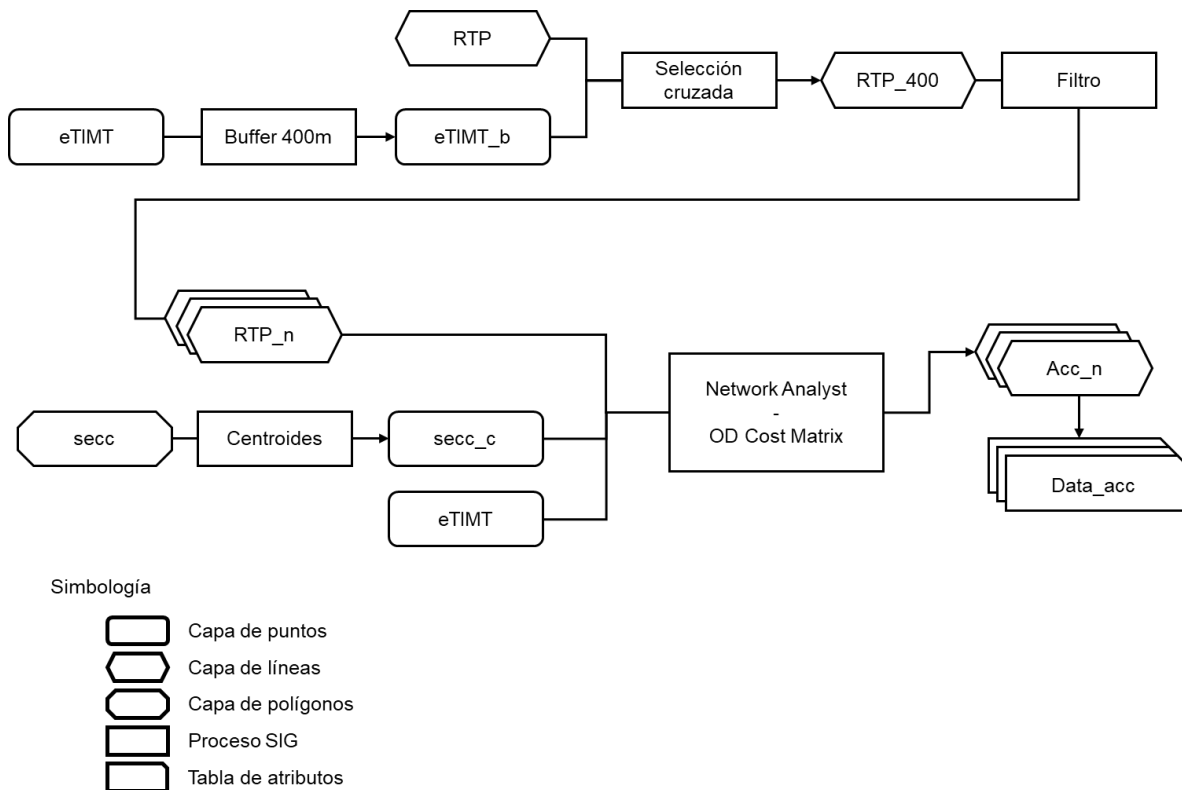
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se observa la implementación del modelo de accesibilidad a las estaciones del TIMT en la ZMTT que ayudará a resolver el problema antes mencionado. El software que se utiliza para la manipulación de las capas es QGis, mientras que se utiliza el modelador *Network Analyst – OD Cost Matrix* de ArcMap para generar la información de accesibilidad.

A partir de la capa de estaciones del tren (eTIMT) se realizó un buffer de 400 metros de radio⁶ para poder seleccionar las rutas de transporte público (RTP) que cruzan con el TIMT. De las 434 rutas disponibles en la ZMTT, 222 (51%) se encuentran dentro de este rango (capa RTP_400), de los cuales se filtraron para tener 121 capas individuales (RTP_n).

⁶ Se retoma del *radio caminable*, como un umbral máximo que una persona puede caminar para acceder fácilmente a un bien o servicio (ONU - Habitat, 2022).

Figura 3. Implementación del modelo de accesibilidad a las estaciones del TIMT en la ZMTT



Fuente: elaboración propia.

Una ruta está compuesta por dos derroteros, por ejemplo, el derrotero Acapulco – Toluca tiene una línea de origen en la Terminal de Toluca con destino a Acapulco y la otra línea perteneciente al mismo derrotero tiene los sentidos invertidos. Por lo que, en el filtro, no solamente se dividieron el total de rutas individualmente, sino que, de un derrotero solo se seleccionó una de las dos opciones.

Por otro lado, la información de origen del modelo de accesibilidad (MA) está dada por las secciones electorales (capa de polígonos *secc*), de los cuales se obtuvieron sus centroides (capa de puntos *secc_c*). Mientras que los destinos que se ingresaron al MA son los puntos de las estaciones del tren interurbano (capa de puntos *eTIMT*).

De acuerdo con Buzai & Montes Galbán (2021), la accesibilidad de un origen i a un destino j está determinada por la relación entre la *Accesibilidad Ideal* (AI) y la *Accesibilidad Real*

(AR), a la cual denominan como *índice de calidad en la comunicación* (ICC), donde las mejores condiciones se encuentran en aquellos lugares con valores cercanos a 1. Lo anterior se puede expresar de la siguiente forma:

$$\text{Función [3] } ICC_i = \frac{AI_i}{AR_i}$$

Donde ICC_i es el índice de calidad en la comunicación del origen i ; AI_i es la accesibilidad ideal y AR_i es la accesibilidad real, ambas para la localización i . Mientras los valores de la AR se acerquen a los de la AI el ICC se aproximará a 1, mostrando mejores condiciones.

Por su parte la accesibilidad ideal se encuentra dada por:

$$\text{Función [4] } AI_i = \sum_{r=1}^{121} \frac{long_{min_{ij}} * 60}{Vmax * 1,000}$$

Donde AI_i es la accesibilidad ideal de la localización i ; $long_{min_{ij}}$ es la longitud en metros de la línea recta de la localización i a la estación j del TIMT; mientras que $Vmax$ es la velocidad máxima que se puede alcanzar en el transporte público; finalmente la relación r indica la ruta a partir de la cual se realizaron los cálculos.

Por otro lado, la accesibilidad real se calcula a partir de:

$$\text{Función [5] } AR_i = \sum_{r=1}^{121} \frac{long_{rn_{ij}} * 60}{Vmed * 1,000}$$

Donde AR_i es la accesibilidad real de la localización i ; $long_{rn_{ij}}$ es la longitud en metros del origen i a la estación j del TIMT a través de la ruta n ; mientras que $Vmed$ es la velocidad media que tiene la ruta que se está evaluando; finalmente la relación r indica la ruta a partir de la cual se realizaron los cálculos.

Una vez que se calculó el ICC para cada centroide, se obtuvieron resultados que se puede clasificar en tres tipos:

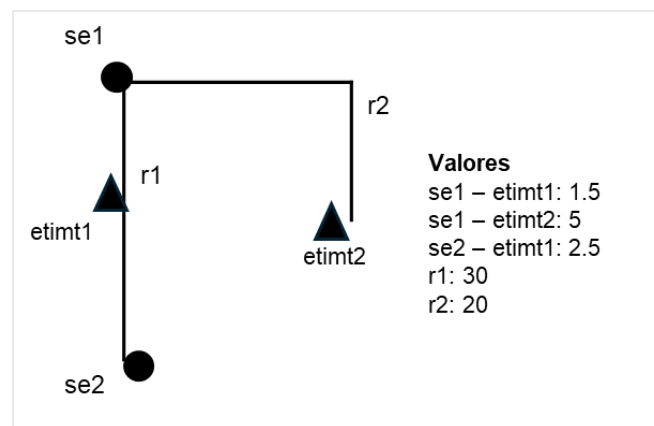
- accesibilidad de primer orden;
- accesibilidad de segundo orden;

- accesibilidad de tercer orden.

La *accesibilidad de tercer orden* es, quizá, la más compleja. Esta se refiere al promedio de posibilidades que tiene una sección electoral para poder acceder a un determinado conjunto de estaciones disponibles del TIMT que se establece a partir del total de rutas de transporte público a las que puede acceder en un rango de distancia caminable.

En la figura 4 se muestra un diagrama sobre la accesibilidad de tercer orden. En la parte izquierda se localizan dos orígenes, se1 y se2, que representan dos orígenes (secciones electorales para este estudio), mientras que los triángulos etimt1 y etimt2 simbolizan los destinos (estaciones del tren). Las líneas (r1 y r2) son las rutas de transporte público disponibles para cada origen, por lo que para se1 su conjunto de líneas disponibles es igual a dos, mientras que para se2 solo es uno.

Figura 4. Comparación entre secciones electorales y la accesibilidad de tercer orden

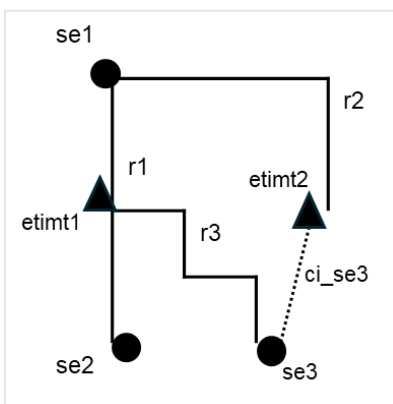


Fuente: elaboración propia.

Al calcular la accesibilidad de ambos puntos de origen a las estaciones etimt utilizando la función [5] el valor de se2 es más alto que el de se1, debido a la diferencia en distancia entre se1 y etimt2 y a la menor velocidad de r2. Es decir, el tener más opciones de rutas puede disminuir los valores de accesibilidad para zonas que, en un principio, parecerían mejor posicionadas.

Para calcular la *accesibilidad de segundo orden* se tomó la conectividad ideal revisada anteriormente, la cual relaciona las secciones electorales con la estación más cercana y la configuración de las rutas de transporte público. En la figura 5 se puede observar que la estación más cercana a se1 es la etimt1, por lo cual, se elimina la ruta r2. Pero si observamos a se3 vemos que su conectividad ideal es con la estación etimt2, sin embargo, no hay una ruta de transporte que cubra esta demanda, por lo tanto, queda excluida de este segundo modelo.

Figura 5. Relación entre conectividad y la accesibilidad de segundo orden



Fuente: elaboración propia

Finalmente, la *accesibilidad de primer orden* es aquella que, para todo lugar de origen i y j_n número de opciones de destino busca maximizar su ICC. Este modelo surge a partir de los siguientes postulados:

- Ante un número r_n de rutas de transporte público, una persona elegirá la opción que la pueda llevar a su destino de forma más rápida.
- Ante un número j_n de destinos, una persona elegirá la opción que le quede más cercana basada en las opciones de transporte público que tiene a su disposición.

Por lo tanto, no se analiza la accesibilidad que tiene una sección electoral hacia el total de estaciones en servicio, sino únicamente a aquellas a las que puede realmente acceder a partir de las rutas de transporte público. En diferentes estudios suele expresarse a la

accesibilidad como las oportunidades que tiene una persona para llegar al total de destinos, por ejemplo, hospitales o escuelas, esto se toma ya que las redes viales cubren toda el área de estudio. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, implícitamente se supone que las personas tienen la capacidad de poder utilizar las rutas más rápidas para llegar a cualquier destino, lo que generalmente se da cuando optan por usar el automóvil privado.

Con el transporte público es diferente, las personas no pueden elegir la velocidad, la ruta o las vialidades por las cuales puede circular, estas se encuentran determinadas por la empresa o por algún plan de desarrollo ejecutado por el Gobierno. En este sentido, la accesibilidad se ve reducida, ya que no todas las personas podrán disponer de rutas de transporte al total de estaciones del TIMT, y esto es lo que realmente ocurre con este análisis.

Por último, una vez que se determinaron los tipos de accesibilidad y cómo es su comportamiento en la ZMTT, se procedió a añadir esta variable al modelo de rezago social que se analizó en el apartado de caracterización urbana. Este nuevo modelo en adelante se determina como IRSa.

Con esta nueva variable de accesibilidad, se analizó cada uno de los indicadores para determinar si son de tipo beneficio o de costo. Si el indicador contribuyen a incrementar el rezago, entonces es una variable de beneficio, en caso contrario, cuando sus valores altos disminuyen el rezago es una variable de costo. En la tabla 10 se encuentran los indicadores que se usaron para la construcción del IRSa, donde se señala su dimensión y el tipo de variable.

Tabla 10. Indicadores para la construcción del IRSa

Dimensión	Indicador en términos porcentuales por sección electoral	Tipo de variable
Rezago educativo	Población de 15 años o más analfabeta	Beneficio
	Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	Beneficio
	Población de 15 a 24 años que no asiste a la escuela	Beneficio
	Población de 15 años o más con educación básica incompleta	Beneficio
Acceso a los servicios de salud	Población sin derechohabiencia a servicios de salud	Beneficio
Calidad y espacios de la vivienda	Viviendas con hacinamiento	Beneficio
	Viviendas con piso de tierra	Beneficio
Bienes del hogar	Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública	Beneficio
	Viviendas que no disponen de excusado o sanitario	Beneficio
	Viviendas que no disponen de drenaje	Beneficio
	Viviendas que no disponen de energía eléctrica	Beneficio
	Viviendas que no disponen de lavadora	Beneficio
	Viviendas que no disponen de refrigerador	Beneficio
	Viviendas que no disponen de teléfono fijo	Beneficio
	Viviendas que no disponen de celular	Beneficio
	Viviendas que no disponen de computadora (computadora, laptop o tablet)	Beneficio
	Viviendas que no disponen de internet	Beneficio
Transporte público	Accesibilidad	Costo

Fuente: elaboración propia

Debido a que la accesibilidad es un indicador que en sus valores más altos presenta mejores condiciones para la población, podemos determinar que es una variable de costo para el modelo del IRSa, por lo que su normalización se realizó con base en la siguiente función:

$$\text{Función [6] } z_i = -\left(\frac{x - \mu_i}{\sigma_i}\right)$$

Donde:

- z_i es el indicador i normalizado
- x es la observación del indicador i
- μ_i es la media del indicador i

De esta manera, se busca analizar el impacto que tiene la accesibilidad para la población, en un sentido de justicia espacial, las mejores condiciones de acceso deberían de contribuir a disminuir el rezago social.

Capítulo IV: Resultados

En este último capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de la implementación de la metodología descrita en el capítulo tres. Se comienza con el apartado del rezago social, pieza importante para observar las tendencias espaciales de la distribución de la pobreza. Posteriormente se muestran los apartados de movilidad urbana, que ayuda con la comprensión de los desplazamientos de la población y de conectividad, ambos temas contribuyen a la comprensión global del trazo del tren y de sus estaciones. Finalmente, se describe la aplicación del modelo de accesibilidad para sus tres órdenes y su integración para construir el IRSa.

Rezago social en la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco

Conforme a la metodología descrita en el capítulo tres, se implementó un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), donde la varianza total del segundo componente fue de 73.95%, permitiendo al índice explicar más del 60% del comportamiento de la variabilidad de los datos (ver tabla 18 que se encuentra en el anexo).

Este componente se utiliza como el IRS, el cual es categorizado bajo el método de Dalenius & Hodges (1959), lo que permitió construir el grado de rezago social (GRS). En la tabla 11 se observan los límites mínimos y máximos, se realizaron 5 estratos que van de muy bajo a muy alto.

Tabla 11. Límites para la estratificación del IRS

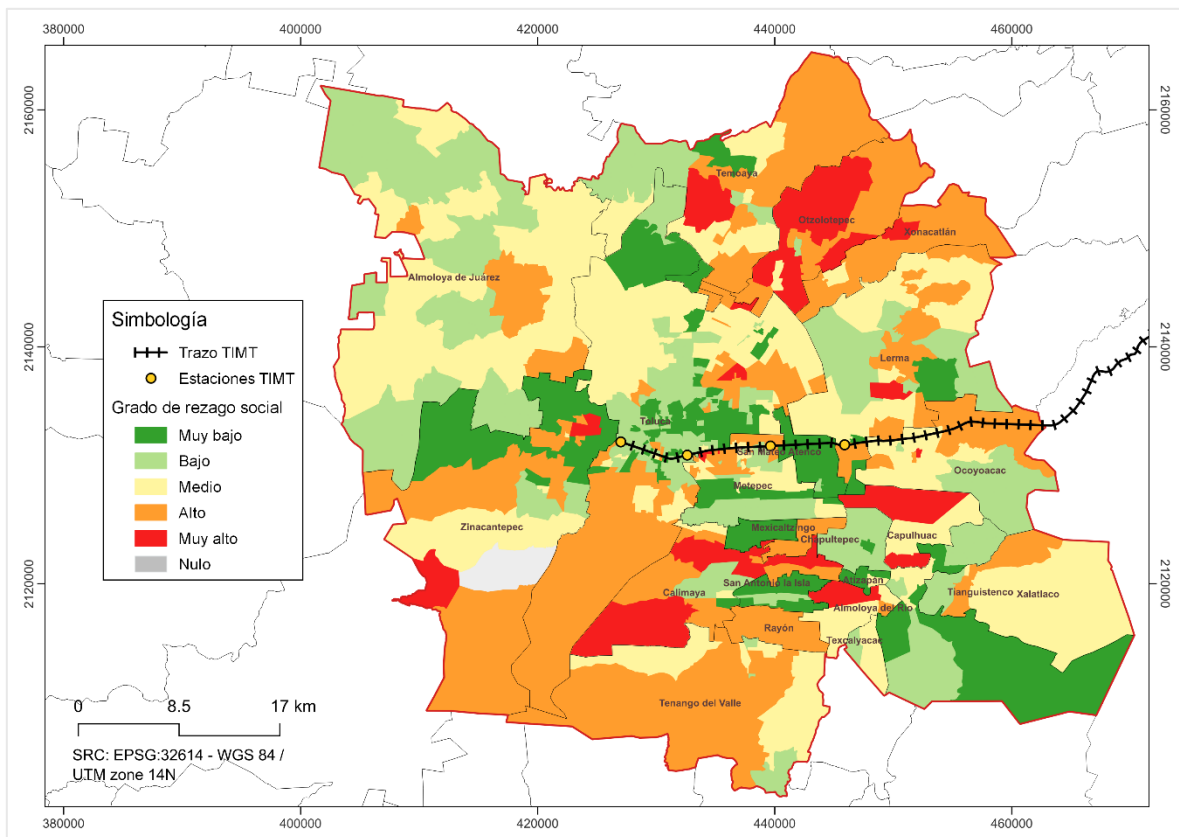
Grado	Límite mínimo por estrato	Límite máximo por estrato
Muy bajo	-1.5725	-0.8999
Bajo	-0.8999	-0.2273
Medio	-0.2273	0.4453
Alto	0.4453	1.7906
Muy alto	1.7906	6.4990

Fuente: elaboración propia con base en la metodología de Dalenius & Hodges (1959).

En el mapa 11 se encuentra el GRS para las secciones electorales de la ZMTT, donde se pueden observar comportamientos de asociación de polígonos con valores de muy bajas a

bajos hacia el centro del municipio de Toluca, con patrones irregulares de distribución hacia el suroriente y poniente. Mientras que los valores medios, bajos y muy bajos se distribuyen como una especie de anillos hacia las orillas del área de estudio. La estación de Zinacantepec se encuentra en una sección con rezago social bajo, mientras que las estaciones de Toluca Centro y Lerma se localizan en polígonos con grado medio. Finalmente, la estación de Metepec está en un lugar con grado bajo, pero muy próxima a un conjunto de polígonos con muy bajo rezago social.

Mapa 11. Grado de rezago social para las secciones electorales de la ZMTT, 2020



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 se observa la información de la suma de la población por división del GRS a nivel sección electoral. Solo 4.4% de la población se encuentra en secciones electorales clasificadas con muy bajo rezago social, mientras que la mayor parte se encuentra en lugares de medio a muy alto rezago.

Tabla 12. Distribución porcentual del GRS de la población por sección electoral en la ZMTT

GRS	Población	Porcentaje acumulado
Muy alto	12.9%	12.9%
Alto	25.5%	38.4%
Medio	32.7%	71.1%
Bajo	24.5%	95.6%
Muy bajo	4.4%	100.0%
Total	100%	

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, al aplicar el índice de Moran Global sobre el IRS se obtuvo un valor $p = 0$ y $z = 28.67$ (ver tabla 13), por lo que se rechaza la hipótesis nula que indica que los datos se comportan de forma aleatoria en el espacio. Por lo anterior existe suficiente evidencia estadística para determinar que los datos del IRS presentan un patrón agregado de distribución espacial.

Tabla 13. Sumario del I de Moran global

Índice de Moran:	0.254806
Varianza:	0.00008
Puntuación z:	28.677654
Valor de p:	0

Fuente: elaboración propia

En la mapa 12 se encuentra el resultado de la aplicación de la autocorrelación espacial (LISA) tomando en cuenta el IRS. Se observa que existen patrones de asociación de valores bajos en el centro de la ZMTT, partiendo del municipio de Toluca y que se extiende de forma irregular hacia el poniente y suroriente, los cuales están rodeados de clúster alto – bajo. Es decir que las zonas con bajos índices de rezago tienden a tener altos valores a su alrededor. Por otra parte, los valores altos se concentran hacia los extremos nororiente y surponiente, alejados de los centros urbanos.

realizan las personas, si no una parte de ellos para poder entender las necesidades de la población.

En el cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020 se encuentran los datos de origen de las personas encuestadas y el lugar de destino de su trabajo, ambos a nivel municipal. Cuando se muestran los datos de los municipios expulsores, lo que se realizó fue una sumatoria por municipio de los orígenes de los viajes. Mientras que, cuando se habla de destino, la sumatoria se realiza sobre las claves municipales de los lugares de trabajo de las personas.

Tomando en cuenta esto, y con la información del INEGI (2020a), la ZMTT genera 278,131 viajes por motivo laboral donde su destino es hacia cualquier municipio del Estado de México (excepto los que se realizan dentro del mismo municipio) además de las diferentes alcaldías de la Ciudad de México. En la tabla 14 se muestra la participación que tiene cada municipio en el total de los viajes antes mencionados. Se observa que cuatro demarcaciones son las principales en expulsión de viajes, estas son Toluca, Metepec, Zinacantepec y Lerma, las cuales acumulan el 47% de esos viajes. Estos municipios coinciden con el trazo del TIMT, aunque no necesariamente el total de estos desplazamientos se dirigen a la Ciudad de México.

Tabla 14. Participación acumulada de los orígenes de los viajes por motivo laboral en la ZMTT, 2020

Municipio	Participación	Participación acumulada
Toluca	12.39%	12.39%
Metepec	12.29%	24.68%
Zinacantepec	12.23%	36.91%
Lerma	10.51%	47.42%
Almoloya de Juárez	8.94%	56.36%
San Mateo Atenco	5.63%	62.00%
Temoaya	5.48%	67.48%
Otzolotepec	4.73%	72.21%
Calimaya	4.41%	76.63%
Tenango del Valle	3.76%	80.38%
Ocoyoacac	3.25%	83.63%
Xonacatlán	3.23%	86.86%

Tianguistenco	2.69%	89.55%
San Antonio la Isla	2.56%	92.11%
Capulhuac	1.94%	94.05%
Xalatlaco	1.29%	95.34%
Chapultepec	1.10%	96.44%
Rayón	1.08%	97.52%
Mexicaltzingo	0.80%	98.31%
Almoloya del Río	0.73%	99.04%
Atizapán	0.60%	99.64%
Texcalyacac	0.36%	100.00%

Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2020a)

Por otra parte, solo dos municipios (Toluca y Lerma) concentran el 58.1% de los destinos de esos viajes. Esto probablemente se debe a los clústeres de empresas y parques industriales que se encuentran en ambas demarcaciones y que fueron analizadas con anterioridad.

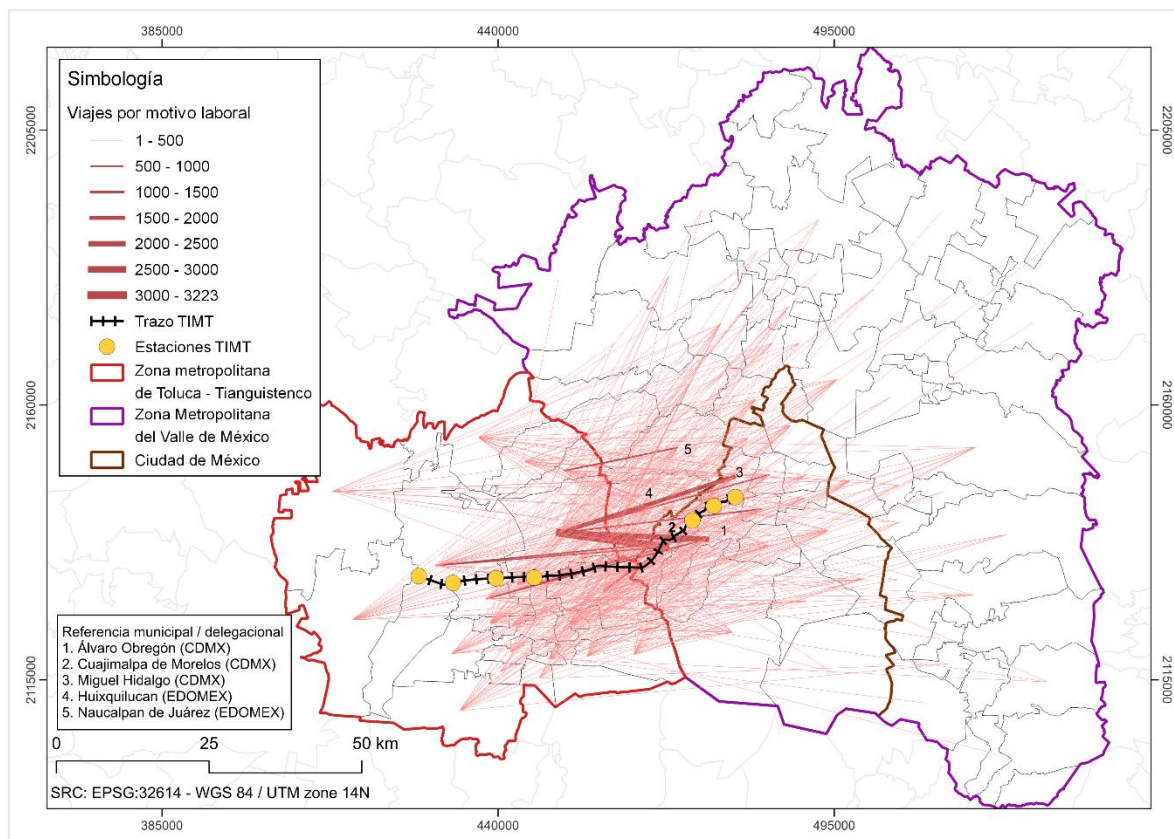
Como se vio en el apartado de análisis de la megalópolis, la ZMTT comparte gran parte de sus límites administrativos con la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM). Por lo que el trazo del tren significa una oportunidad para las personas que desean viajar de una región a otra. En este sentido, si analizamos en agregados la cantidad de viajes que realizan las personas, podemos encontrar algunos puntos de vista importantes para justificar la inversión de la infraestructura que se está planteando con el tren.

Teniendo como origen los municipios de la ZMTT, se encontró que el 87.7% de los viajes por motivo laboral se quedan en la ZMTT y el 12.3% sale hacia la ZMVM. En el mapa 13 se observan las líneas de deseo de viajes por motivo laboral con origen en los municipios de la ZMTT y con dirección a algún municipio o alcaldía de la ZMVM. La mayor cantidad de viajes se realizan al poniente de la región mencionada, principalmente a las alcaldías Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, mientras que los municipios con más recepción de viajes son Naucalpan de Juárez y Huixquilucan.

Estas cinco demarcaciones concentran el 62% de los destinos de los viajes por motivo laboral que tienen como origen la ZMTT. Esto coincide con lo que se observa en el mapa

13 y se encuentra en concordancia con el trazo y las estaciones que tiene la construcción del tren interurbano México – Toluca.

Mapa 13. Viajes por motivo laboral de la ZMTT con destino a la zona metropolitana del Valle de México



Fuente: elaboración propia con base en los datos del INEGI (2020a).

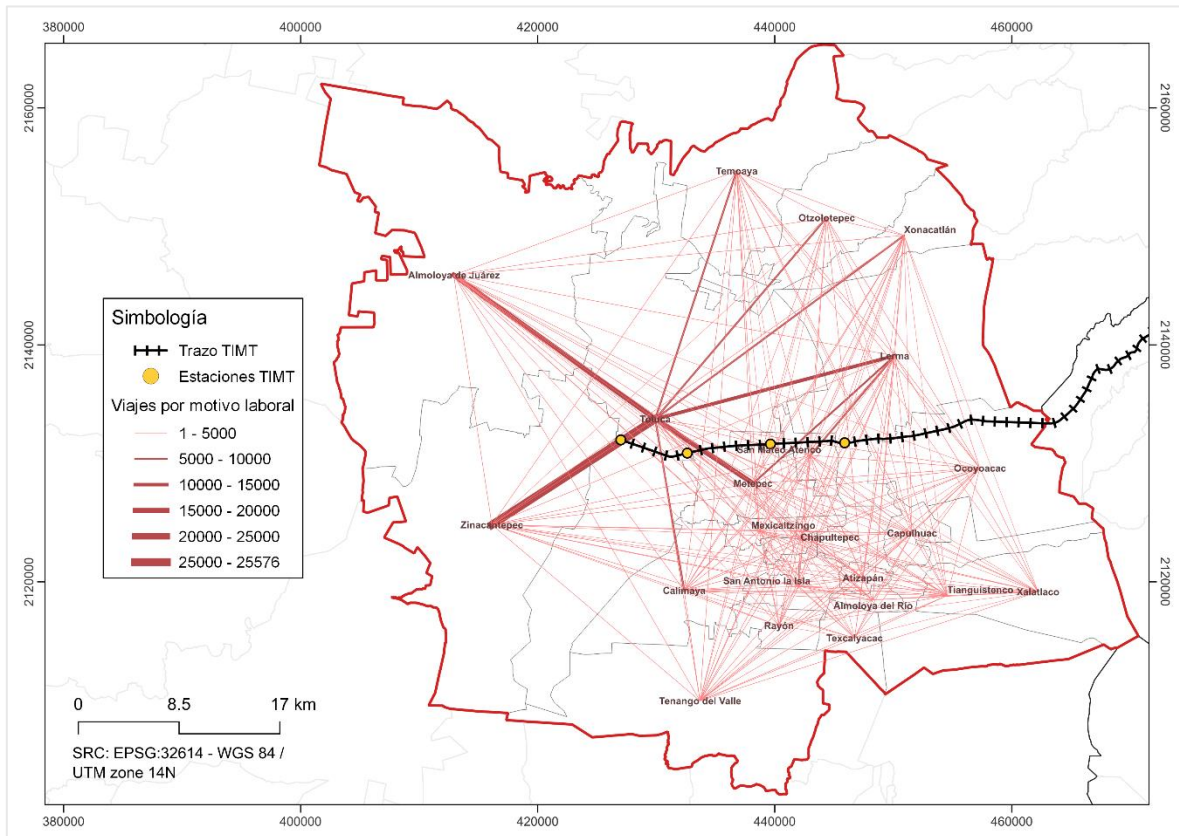
Nota: CDMX = Ciudad de México; EDOMEX = Estado de México.

Es importante mencionar que, de acuerdo con el estudio de factibilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2013), se realizaban en ese año 301 mil viajes entre la región de Toluca y la Ciudad de México, mientras que, de acuerdo con su proyección, esa cantidad aumentaría a 341 mil en el año 2020 y 367 mil para 2024.

Estas cifras son diferentes a las que se han encontrado en la información del INEGI (2020a). Esto se debe a que el segundo solo toma en cuenta a los viajes por motivo laboral, y no a los que se pueden realizar por estudio, comercio, recreación o algún otro.

Por otro lado, en el mapa 14 se observan las líneas de deseo de los viajes por motivo laboral de la ZMTT con destino a los propios municipios de la región. Del total de viajes que se realizan dentro de la ZMTT, el 53% se dirigen al municipio de Toluca, el 15% a Lerma y el 10% a Metepec, el resto se divide entre los otros 19 municipios.

Mapa 14. Viajes por motivo laboral dentro de la ZMTT, 2020



Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI (2020a).

Se observa que existe una fuerte interacción de los desplazamientos de Zinacantepec, Almoloya de Juárez y Metepec en dirección a Toluca. Por su parte, el municipio de Lerma tiene interacción más destacada con San Mateo Atenco, Metepec y Toluca.

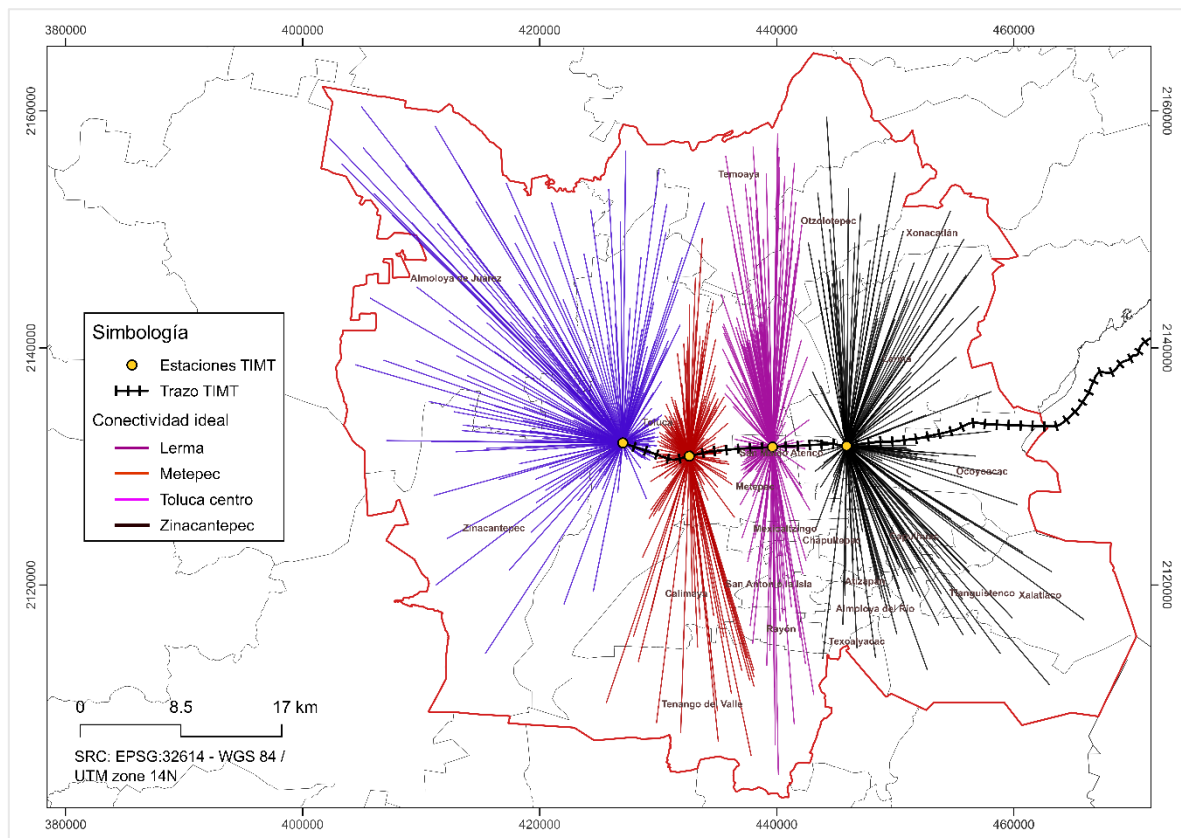
Mientras que se observa que los municipios menos predominantes de la ZMTT tienen desplazamientos diversificados. Si se observan las líneas del centro y suroriente estas tienen menos cargas de viajes en cada una de ellas, pero con una tendencia a ir al centro de la región (Toluca).

De esta forma es posible analizar las necesidades de desplazamiento de la población de la ZMTT. Por una parte, los requerimientos de viajes a la zona poniente de la Ciudad de México, en las alcaldías señaladas anteriormente. Por otra, destaca el municipio de Toluca como un eje estructurador del comportamiento de los viajes por motivo laboral en la ZMTT.

Conectividad del tren interurbano México – Toluca en la zona metropolitana de Toluca de Tianguistenco

En el mapa 15 se encuentran las líneas de conectividad que relacionan los centroides de las secciones electorales de la ZMTT con las cuatro estaciones del tramo uno del TIMT. Una de las características que se observa es la forma rectangular que forman las estaciones que cruzan de poniente a oriente a la ZMTT, lo que las divide en dos estaciones exteriores (la de Zinacantepec y la de Lerma) y dos interiores (la de Toluca Centro y la de Metepec).

Mapa 15. Accesibilidad lineal de las secciones electorales de la ZMTT con las estaciones del TIMT



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observa que la estación de Lerma tiene la mayor carga de mercado potencial, al tener una cobertura de 40.3%, esto debido a que, como se vio en capítulos anteriores, la población tiende a encontrarse en forma de anillo a los alrededores de la ZMTT. Además, la zona metropolitana de Tianguistenco al estar en el extremo sur oriente su estación más cercana es la mencionada, por lo que prácticamente toda su población estaría requiriendo de este punto. Mientras que la estación de Zinacantepec es la que menor cantidad de población potencial tiene. Finalmente, las proporciones de personas que se podrían trasladar por motivo de trabajo (columna de población de 18 años y más) prácticamente se encuentran iguales a las de la población total.

Tabla 15. Distribución de población potencial por estación del TIMT y su accesibilidad promedio

Estación	Población total	Población 18 años y más	Accesibilidad promedio (km)
Lerma	40.3%	39.53%	10.97
Metepc	24.4%	24.37%	9.35
Toluca centro	22.4%	22.75%	5.32
Zinacantepec	12.9%	13.35%	10.16

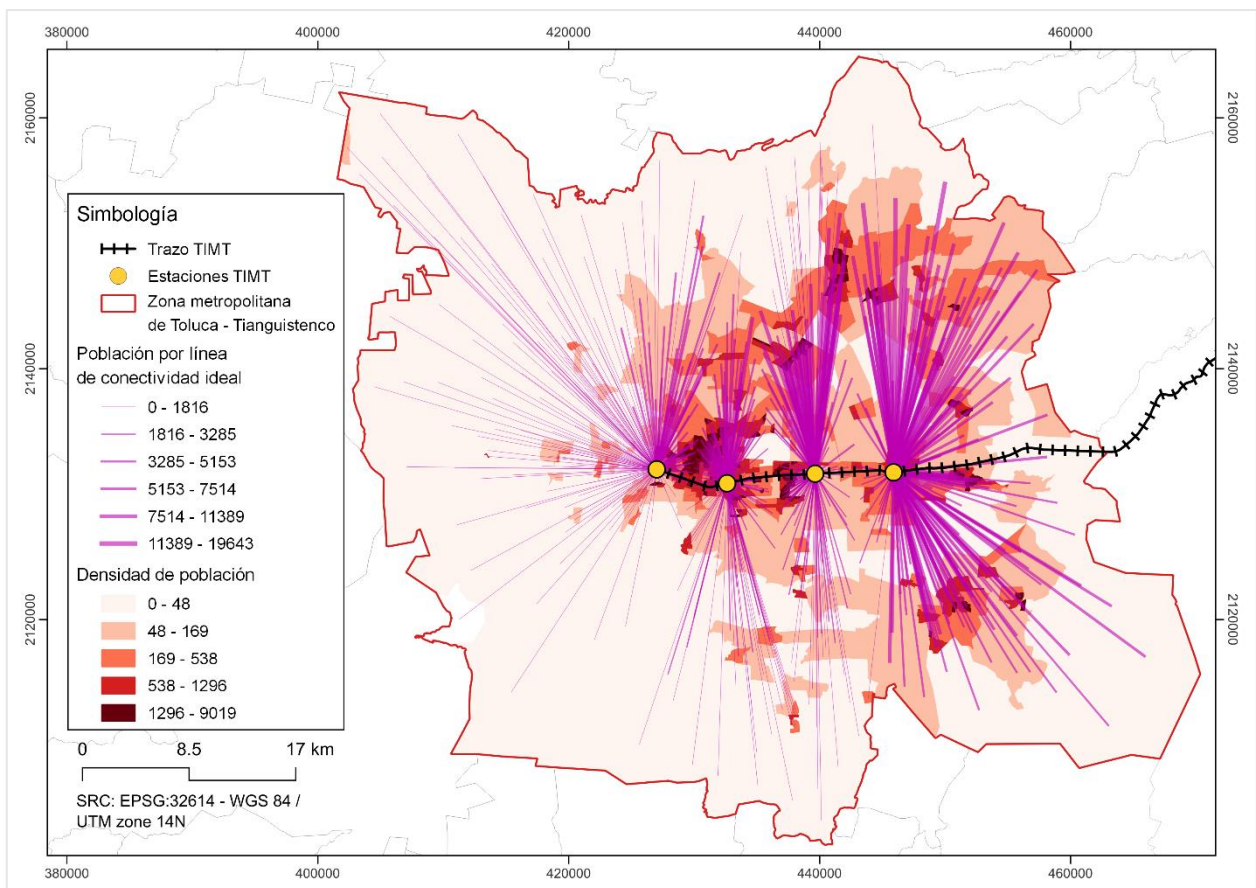
Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, los valores de accesibilidad promedio que se muestran en la propia tabla 15 nos indican que, por ejemplo, una persona que desee tomar el tren en la estación de Lerma y que se encuentre en alguna de las secciones más cercanas a esta, tendría que viajar 10.97 kilómetros, mientras que, bajo los mismos supuestos, una persona que requiera abordar el TIMT en la estación de Toluca Centro solo tendría que desplazarse 5.32 kilómetros en promedio.

Esto nos dice las diferentes condiciones con las que cada una de las estaciones cuenta. Mientras que la estación de Lerma tiene el mercado potencial más alto, las personas tendrán que invertir más tiempo para poder llegar a dicho punto. Esto podría convertirse en un problema para el servicio, ya que la población podría decidir no usar el tren y tomar el transporte tradicional que ya se encuentra funcionando en sus regiones.

Lo anterior se puede observar de mejor manera en la mapa 16, en esta se encuentran las líneas de conectividad de cada sección electoral, las cuales indican el tamaño de población que se encuentra en cada polígono, por lo que las líneas más grandes indican que hay más personas. Mientras que de fondo se encuentran los polígonos de las secciones electorales con su respectiva densidad de población, donde a colores más intensos la densidad es más alta.

Mapa 16. Relación de cercanías de las secciones electorales de la ZMTT con las estaciones del TIMT y densidad de población, 2020



Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2020a).

De la figura anterior se puede notar que la estación de Lerma tiene las líneas con mayor carga de población, pero que al mismo tiempo cubren un territorio más extenso hacia la periferia poniente de la ZMTT. Es decir, la población se encuentra más alejada de dicha

estación, por lo que tendrán que invertir más tiempo si quieren abordar el servicio de transporte.

Por su parte, la estación de Metepec tiene un comportamiento diferente. Se observan que las líneas con mayor carga de población se encuentran al norte de la estación, en el segundo anillo de proximidad del centro de la ZMTT. Mientras que el sur de la estación se encuentran valores bajos de densidad y tamaño de población.

En la estación de Toluca Centro ocurre un fenómeno similar al de Metepec, pero las líneas de población se encuentran más cercanas al tren, al mismo tiempo que la región norte de la estación tiene valores altos de densidad de población. En otras palabras, podemos deducir que las personas podrán invertir menos tiempo de traslado para llegar a dicho paradero, lo que puede implicar que sea la estación con mayor carga de llegada y salida de usuarios.

Finalmente, las líneas de población y conectividad con valores más altos de la estación de Zinacantepec están orientadas al poniente, aunque no en la medida de los demás paraderos. Por lo que la aglomeración de usuarios puede llegar a ser dispersa y solo alimentada por los residentes del municipio de Zinacantepec. Aunque en este punto solo se está hablando de relaciones lineales, es decir, una conectividad ideal. La infraestructura de transporte puede llevar a generar conclusiones diferentes.

Como se comentó en el capítulo de metodología, tomando como referencia a la información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007), se elaboró un mapa por cada una de las estaciones del TIMT donde se muestran las rutas de transporte público que pasan por los diferentes paraderos del tren, de las cuales se obtuvo su orientación (puntos morados) y el mercado potencial que en una relación lineal accedería a cada paradero (polígonos amarillos).

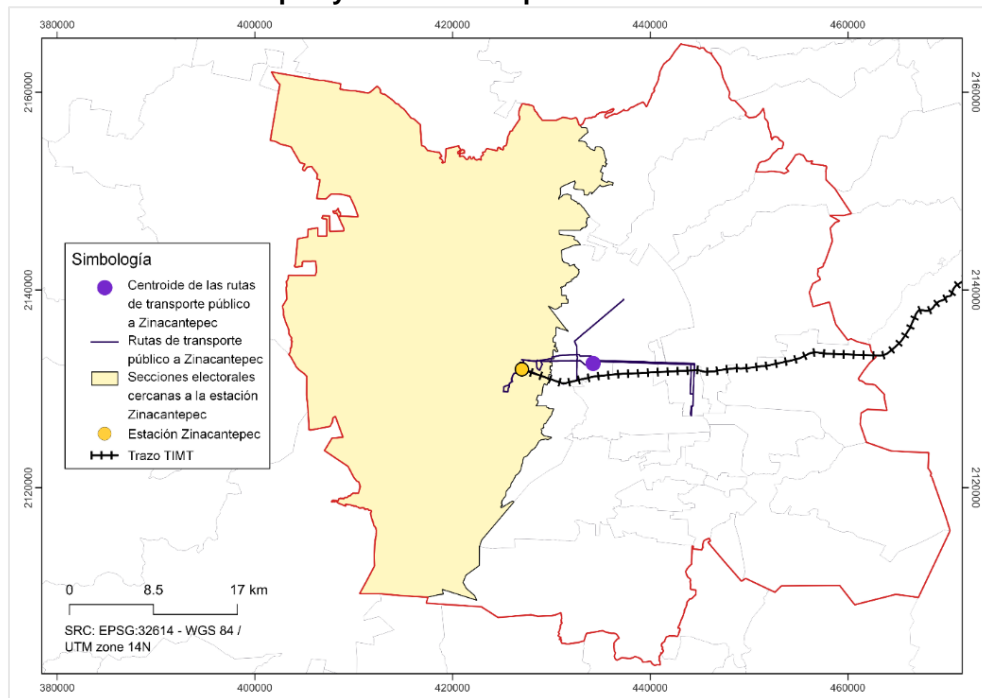
En el mapa 17 se puede observar que la estación de Zinacantepec tiene solo 3 rutas de transporte público. Mientras que la población con mayor demanda se encuentra hacia el poniente de la ZMTT. Si se observa su punto medio y se compara con el paradero del tren, ambos se encuentran disociados, por lo que se puede determinar que las rutas se encuentran orientadas al centro de la región y no cubren la demanda que genera las cercanías de las personas.

Por su parte, en el mapa 18 se observa que la estación de Toluca Centro es la que mayor cantidad de rutas tiene a su alrededor. En total circula 149, las cuales se extienden en su mayoría al norte y nororiente de la ZMTT, sin embargo, si se observan las secciones electorales más cercanas estas son solo una parte de la cobertura total del servicio de transporte público. Además, se observa que este cubre regiones del norponiente (más cercanas a la estación de Zinacantepec) y al nororiente (más accesibles a la estación de Metepec y Lerma). Es decir, dada la configuración de rutas se puede deducir que la población estaría más incentivada a poder llegar a la estación de Toluca Centro (aunque se encuentre más lejos) en comparación a alguna otra.

La deducción anterior se debe a lo que se observa con la cobertura de servicios de transporte público para la estación de Metepec, donde solo ofrecen servicio 10 rutas orientadas horizontalmente de poniente a oriente (ver mapa 19). Las cuales también proveen de servicio a la estación de Toluca Centro, esto debido a su punto medio (color morado), el cual prácticamente se encuentra entre ambos paraderos.

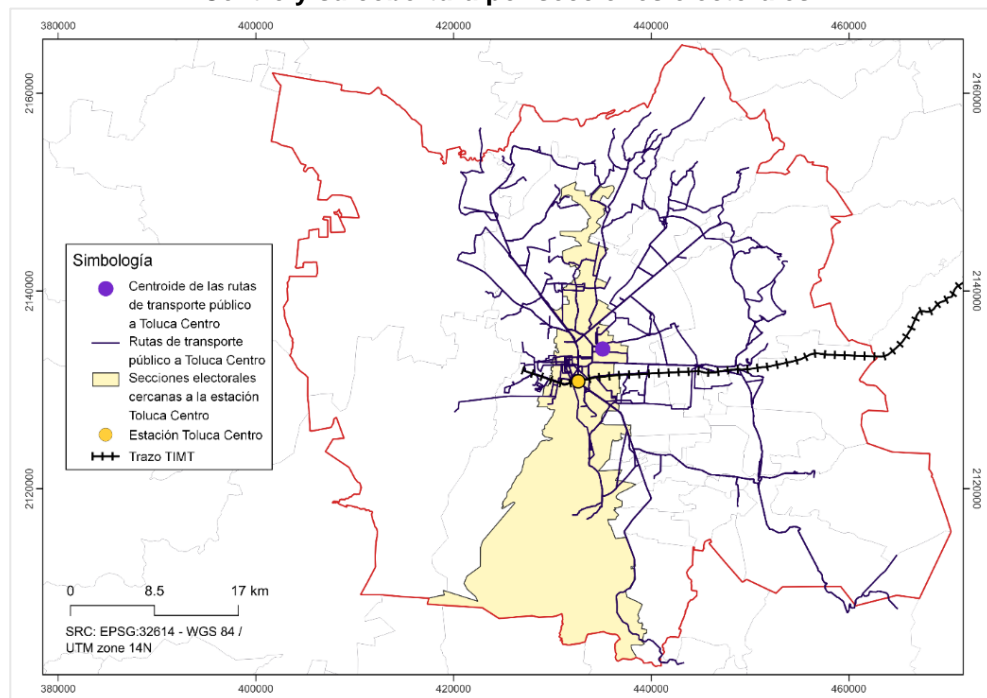
El servicio de cobertura de la estación Lerma cubre gran parte de ese anillo exterior de población a través de 34 rutas que van de norte a sur y de oriente a poniente en forma de "T" (ver mapa 20). Esto puede representar una ventaja para las necesidades de atención de los usuarios, sin embargo, la distancia al paradero será uno de los obstáculos.

Mapa 17. Cobertura de las rutas de transporte público de pasajeros para la estación Zinacantepec y su cobertura por secciones electorales



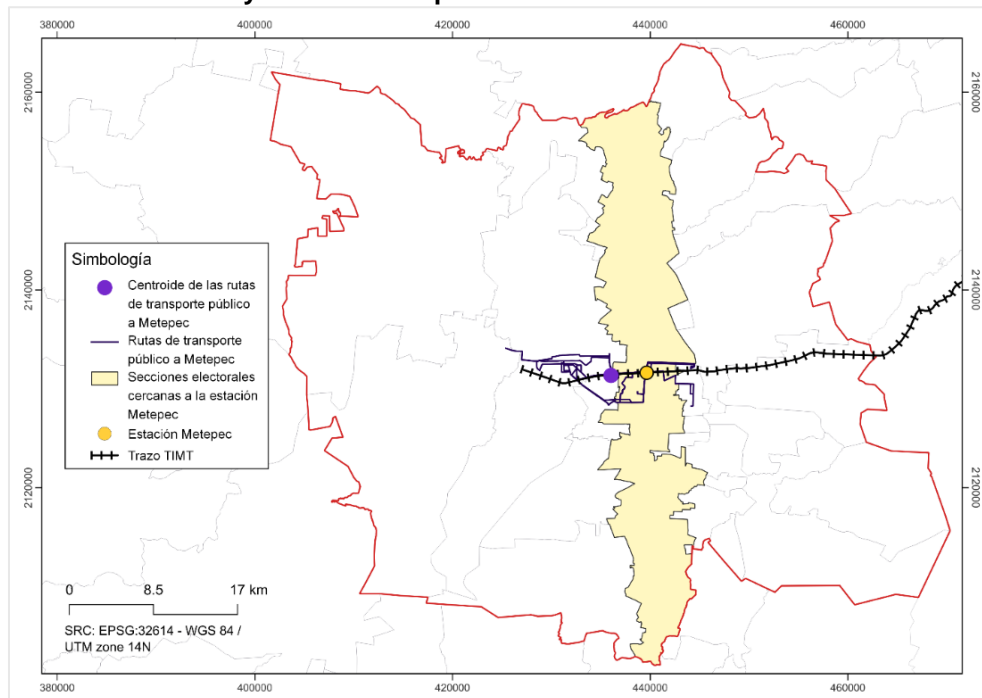
Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007) y el INEGI (2020a).

Mapa 18. Cobertura de las rutas de transporte público de pasajeros para la estación Toluca Centro y su cobertura por secciones electorales



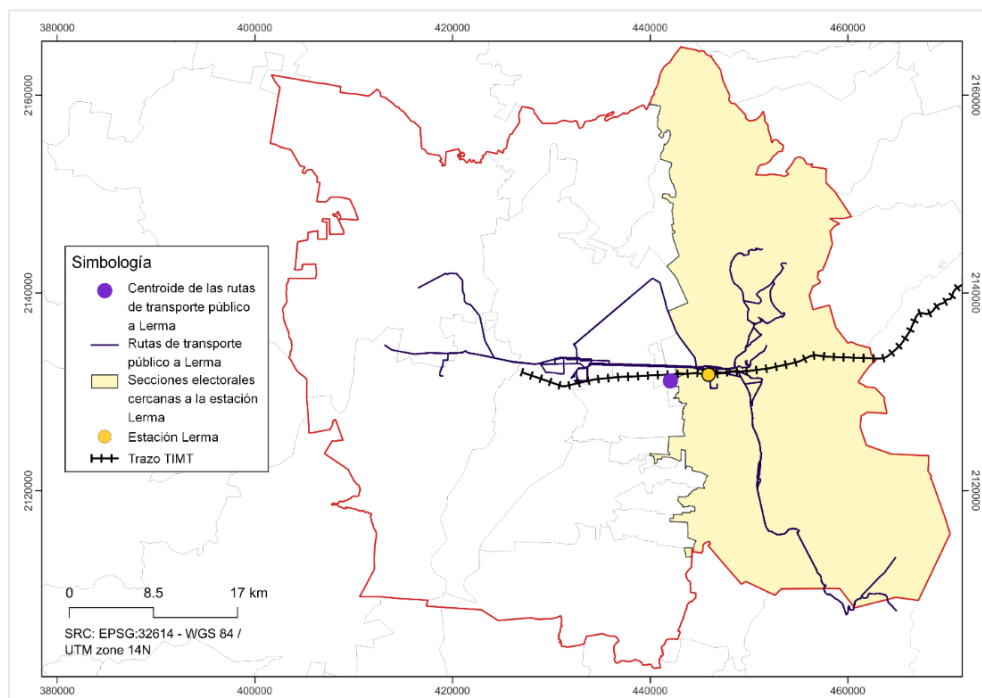
Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007) y el INEGI (2020a).

Mapa 19. Cobertura de las rutas de transporte público de pasajeros para la estación Metepec y su cobertura por secciones electorales



Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007) y el INEGI (2020a).

Mapa 20. Cobertura de las rutas de transporte público de pasajeros para la estación Lerma y su cobertura por secciones electorales



Fuente: elaboración propia con base en información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007) y el INEGI (2020a).

En síntesis, podemos deducir que las rutas de transporte público no responden a las necesidades de transporte de usuarios que se dirigen al tren, esto debido a que tanto el centro de Toluca y su terminal de autobuses han sido los puntos a través de los cuales terminan o pasan las rutas como eje principal estructurante para los concesionarios.

Las estaciones con mayores dificultades para poder acceder en transporte público serán las de Zinacantepec y Metepec, ya que sus rutas están orientadas hacia puntos distintos. Mientras que la estación de Toluca Centro será la que capte a los usuarios que no puedan acceder a los paraderos antes mencionados. Finalmente, la estación de Lerma parece que tiene un rol distinto, ya que en sus alrededores los corredores industriales han generado la creación de rutas de transporte de personas que requieren llegar a su puesto de empleo en esta zona, pero que no requieren ir a la Ciudad de México.

Accesibilidad al tren interurbano México – Toluca en la zona metropolitana de Toluca y de Tianguistenco

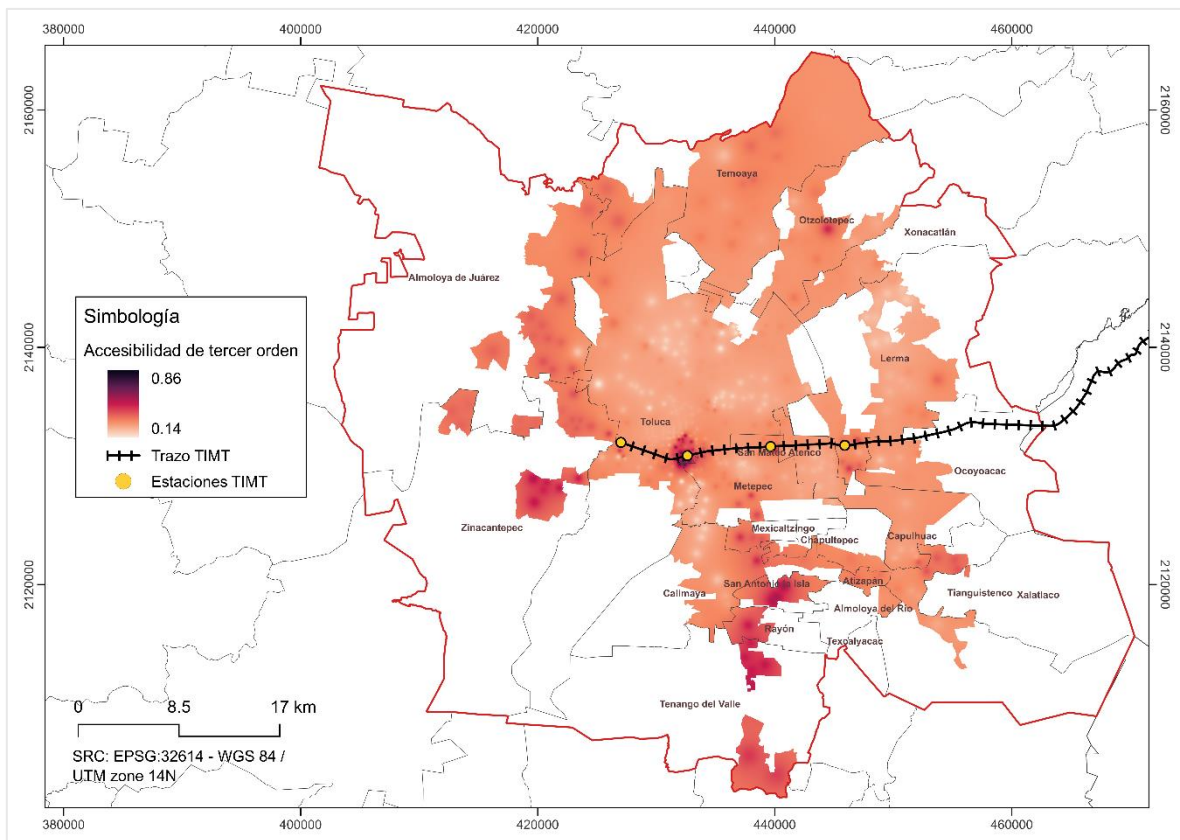
Conforme a la metodología explicada anteriormente, en este apartado se analiza la accesibilidad de la población a las estaciones del tramo I del tren Interurbano México – Toluca a partir de la configuración de rutas de transporte público que se encuentran cercanas a cada uno de los paraderos.

De acuerdo con la información del Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público (2007), de las 761 secciones electorales de la ZMTT, el 73.2% tienen a su disposición alguna ruta de transporte público que los pueda trasladar en un solo viaje a alguna estación del TIMT, sin embargo, las oportunidades de acceso no son las mismas para toda la región.

En el mapa 21 se observa la accesibilidad de tercer orden, referida como el promedio de acceso de la sección electoral a las estaciones del tren que estén disponibles a través de todas las opciones de rutas de transporte público. Debido a estas condiciones iniciales, se

observa que algunas secciones electorales que se encuentran más cercanas a una de las cuatro estaciones presentan valores bajos de accesibilidad en comparación con otras que se encuentran más lejanas. Mientras que existen zonas con mejores condiciones de accesibilidad al TIMT que se encuentran en la parte exterior de la ZMTT, principalmente al sur y al poniente.

Mapa 21. Accesibilidad de tercer orden de la ZMTT a las estaciones del TIMT



Fuente: elaboración propia.

Este fenómeno no significa necesariamente que las personas de las periferias lleguen más rápido a las estaciones del tren, sino que, el transporte público disponible es menor y generalmente se dirigen hacia un punto más que otro, por ejemplo las rutas del sur de la ZMTT que parten de los municipios de Tenango, Rayón, Calimaya, entre otros, están más conectados con el municipio de Toluca y, por lo tanto, es más probable que las rutas

disponibles para la población de estas zonas sean menores pero más directas con la estación de Toluca Centro.

Mientras que el promedio de accesibilidad de las zonas centrales disminuye debido a la saturación de rutas de transporte que si se recuerda estas no siempre están diseñadas en líneas rectas que minimicen la distancia de viajes entre sus destinos, además de que el tiempo de traslado varía de una ruta a otra. Además, están conectadas con más de una estación, por lo que puede que los municipios centrales de Metepec o San Mateo Atenco también tengan la posibilidad de ir en transporte público a las estaciones externas, pero esto reduce el promedio de accesibilidad.

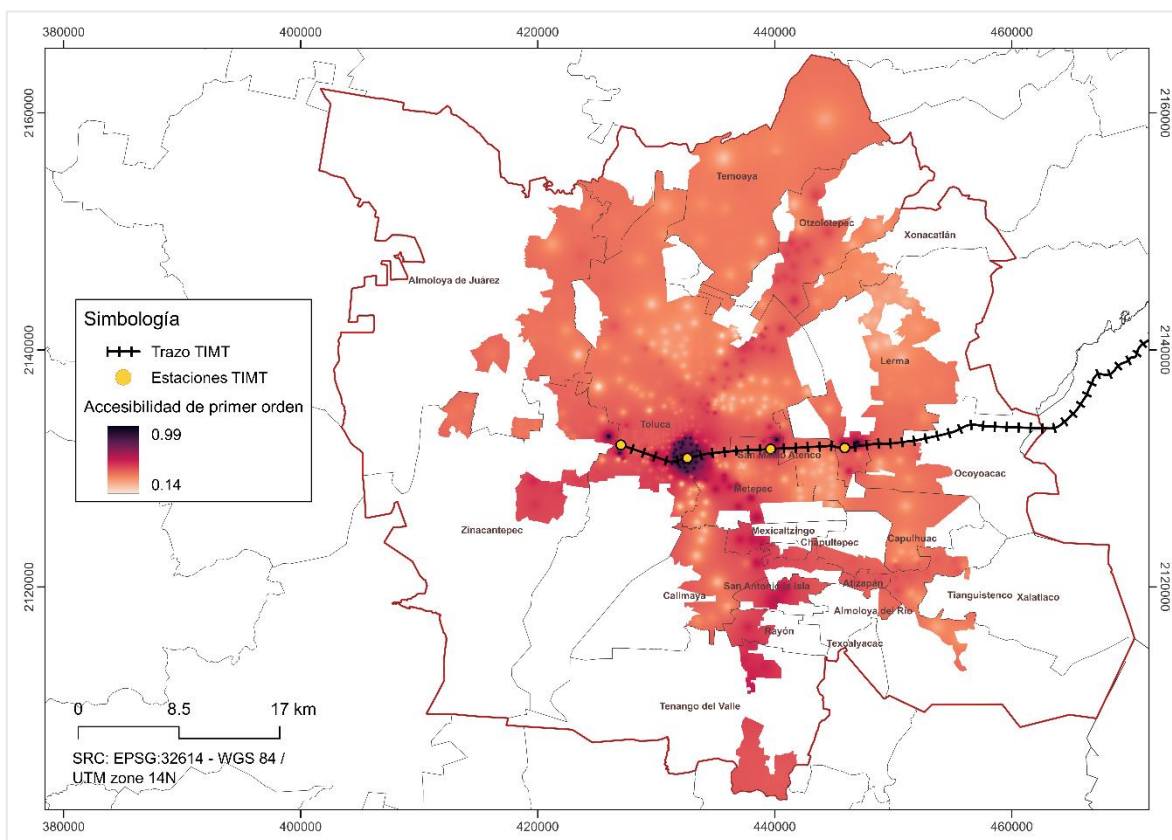
En el mapa 22 se muestra la accesibilidad de segundo orden la cual cumple con que exista una ruta de transporte público que conecte a las secciones electorales directamente con la estación del tren más cercana a dicha sección. Dadas estas condiciones, se observa que solo el 42% de las secciones electores cumplen con este escenario.

Dadas las condiciones iniciales del modelo, existen secciones que, si bien cuentan con al menos una ruta de transporte público que los puede trasladar al tren, la estación no es la más cercana, por lo que quedan excluidas de este tipo de accesibilidad. Debido a esto, las oportunidades se reducen a un conjunto de polígonos que se extienden de poniente a oriente a lo largo de las estaciones, además de un comportamiento de norte a sur en la estación Toluca Centro y hacia el sur en la estación Lerma.

Con esta accesibilidad de segundo orden los valores se ajustan, mostrando mejores condiciones en los alrededores de las estaciones, destacando la de Toluca Centro y la de Metepec, disminuyendo conforme se aleja hacia la periferia. Destaca que la zona nororiental, donde se encuentran tasas altas de densidad de población, no cuentan con

estaciones, principalmente en Toluca Centro, mientras que empieza a disminuir conforme se aleja hacia la periferia.

Mapa 23. Accesibilidad de primer orden a las estaciones del TIMT en la ZMTT



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se observan al menos dos corredores con valores intermedios, uno que se encuentra del centro hacia el nororiente, en dirección a los municipios de Ocotlán, Xonacatlán y Temoaya, mientras que el segundo parte del centro con dirección al suroriente, pasando por Metepec, Mexicaltzingo, San Antonio la Isla, Rayón, Calimaya y llegando hasta Tenango.

De acuerdo con la metodología descrita en el capítulo dos, para la inclusión de la accesibilidad encontrada en el modelo de rezago social, se realizaron dos pruebas, una con la accesibilidad de segundo orden y otra con la de primer orden. La de tercer orden se

descartó debido a los problemas que presenta en su doble representación de accesibilidad de algunas secciones electorales.

Al igual que con el índice de rezago social anteriormente revisado, se utilizó el método de componentes principales. El modelo presentó una varianza total explicada del 69.9% en su segundo componente para el modelo con accesibilidad de primer y de segundo orden, por lo que se puede determinar que el indicador mide el comportamiento de rezago social.

En la tabla 16 se observa la matriz de componente para ambas pruebas, esta muestra el impacto de cada uno de los indicadores al índice generado. Los indicadores a – q se mantuvieron con los mismos valores, donde la variable *q* (viviendas que no disponen de internet) es el componente con más peso, incluso para el modelo original del IRS.

Tabla 16. Matriz de componente puro del IRSa para la ZMTT

Indicador	IRSa accesibilidad de primer	IRSa accesibilidad de segundo	IRS
	orden	orden	
a	.884	.884	.885
b	.135	.135	.136
c	.898	.898	.898
d	.721	.721	.721
e	.669	.669	.669
f	.913	.913	.902
g	.548	.548	.548
h	.769	.769	.770
i	.721	.721	.722
j	.360	.360	.360
k	.794	.794	.795
l	.935	.935	.935
m	.934	.934	.934
n	.906	.906	.905
o	.858	.858	.858
p	.935	.935	.935
q	.945	.945	.945
r	-.062	-.034	

Fuente: elaboración propia.

Nota: ver la varianza total explicada de cada componente en las tabla 19 y 20 del anexo.

En el caso del indicador de accesibilidad *r* presenta valores negativos, es decir que a mayor accesibilidad el rezago social disminuye. En ambos modelos los valores son de -0.062 para

el caso de la accesibilidad de primer orden y de -0.034 para la de segundo orden, esto muestra que la accesibilidad contribuye en la reducción del rezago social.

Este aporte global de la accesibilidad a la reducción del rezago social indica los beneficios en términos de justicia social (de lo que menciona Harvey en sus últimos estudios). Es decir, podemos determinar que al mejorar la accesibilidad en la ZMTT podremos contribuir a la reducción de la marginación.

Lo anterior se ve reflejado en la tabla 17, donde se encuentra el promedio del IRS y el IRSa, en comparativa, los estratos sociales muy bajo y muy alto son los que más beneficios tienen por la situación actual de accesibilidad a las estaciones del tren y sus condiciones sociales de rezago. Mientras que los estratos medio y alto son los afectados por las condiciones actuales. Por su parte, el estrato bajo tiene un aumento apenas significativo de 0.007 puntos.

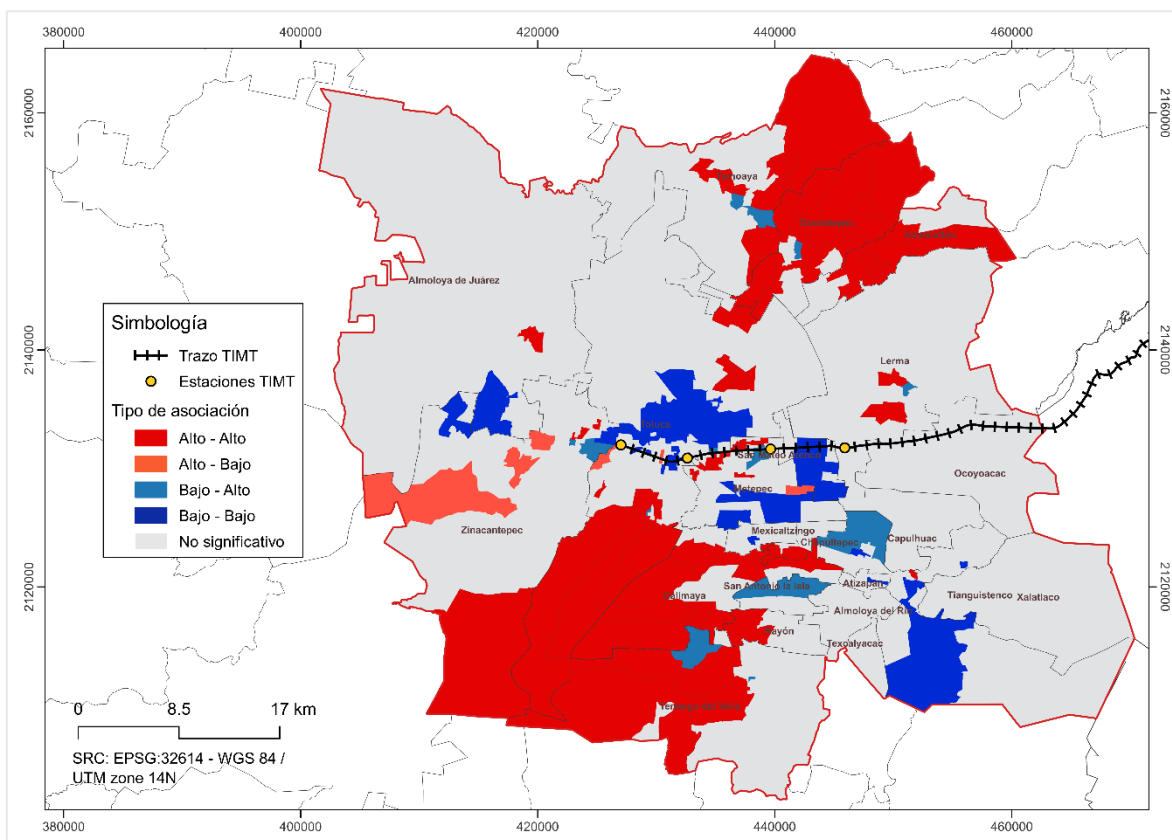
Tabla 17. Promedio del IRS y del IRSa por grado de rezago social para la ZMTT

Grado de rezago social	Promedio IRS	Promedio IRSa
Muy bajo	-1.174	-1.351
Bajo	-0.574	-0.567
Medio	0.089	0.253
Alto	0.990	1.130
Muy alto	2.445	1.699

Fuente: elaboración propia.

En el mapa 24 se encuentra la autocorrelación espacial para el índice de rezago espacial con la accesibilidad de primer orden (IRSa) integrada, con I de Moran de 0.482, un valor $p = 0$, varianza de 0,0241 y un valor $z = 20.05$, por lo que, al igual que con el IRS, se rechaza la hipótesis nula que indica que los datos se comportan de forma aleatoria en el espacio, existiendo suficiente evidencia estadística para determinar que se presentan patrones agregados de distribución espacial.

Mapa 24. Autocorrelación espacial del IRSa para la ZMTT, 2020



Fuente: elaboración propia.

Al compararlo con el mapa 12 se puede observar que los valores bajo – bajo tienden a concentrarse hacia el centro del municipio de Toluca y en los alrededores de Metepec. Al igual que con el IRS, el IRSa muestra dos patrones de marginación hacia el nororiente y el surponiente. Municipios como Calimaya, Tenango del Valle, Temoaya, Oztolotepec y Xonacatlán no solo enfrentarán sus condiciones socioeconómicas de rezago, sino que su accesibilidad al tren está comprometida por la configuración actual de las rutas de transporte público.

Por su parte, en los casos de los municipios de Lerma, Capulhuac y Ocoyoacac, los patrones de muy alto rezago social pasaron a ser no significativos, lo que indica variaciones en los valores del IRS determinadas por los patrones de las redes de transporte público.

Situación similar ocurre en los municipios de Zinacantepec y Almoloya de Juárez, que sus patrones de asociación pasan a ser no significativos.

Una de las regiones con más afectaciones es el centro – oriente de la zona metropolitana de Toluca. Los municipios de San Antonio la Isla, Mexicaltzingo y Chapultepec en el IRS no mostraban patrones de asociación, mientras que para el IRSa tienden a ser bajo – bajo, lo que indica que la accesibilidad aumentó las condiciones de rezago social.

En cuanto a las estaciones, se observa que sus alrededores predominan los patrones de asociación bajo – bajo, es decir, que los estratos de rezago social muy bajo y bajo serán mayormente beneficiados por las estaciones (visto en la tabla anterior). Mientras que existen patrones alto – alto entre las estaciones de Toluca Centro y Metepec.

Conclusiones

El presente estudio tuvo como *objetivo general* determinar el grado de accesibilidad de la población de la Zona Metropolitana de Toluca y Tianguistenco a las estaciones del tramo I del Tren Interurbano México – Toluca a través de la configuración de las redes de transporte público que existen en la región. Los *objetivos particulares* se centraron en la caracterización de los aspectos económicos, sociales y territoriales de la zona de estudio; y en la implementación de un índice de accesibilidad territorial a las estaciones del TIMT.

A lo largo de la investigación, con un enfoque deductivo – cuantitativo, se buscó responder a las *preguntas* referentes a los aspectos económicos, poblacionales y de la movilidad urbana de la ZMTT. Además, de analizar cómo se articular las redes de transporte público, tomando en cuenta si éstas pueden ofrecer servicio a las estaciones del TIMT y qué regiones podrán acceder al servicio más fácilmente. Finalmente, se buscó respuestas para determinar si existen áreas segregadas para acceder al TIMT tomando en cuenta su conectividad con las estaciones y su localización geográfica.

A través de la aplicación de la metodología para medir el grado de accesibilidad de la población de la ZMTT a las estaciones del Tren Interurbano a través de las redes de transporte público, se logró cumplir con el objetivo general y con los particulares, además de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

Dentro de los principales resultados, se encontró que el crecimiento de la población de la ZMTT ha sido significativo, pasando del 12.4% de participación estatal en 1980 al 16.7% en 2020, siendo una región con mayor tasa de crecimiento desde 1980 (siendo 4.3% para el periodo 1990 – 200). Mientras que internamente Toluca, Metepec y Zinacantepec concentran el 53.4% de toda la población, convirtiéndolos en los polos más dinámicos de la región.

Con el análisis de densidad de la población se halló que la región centro de la ZMTT es la que tiene mayor presión poblacional, con tendencia a expandirse hacia el poniente en una especie de segundo anillo. Esto probablemente se debe a la interacción con la Ciudad de México y su área conurbada. Las estaciones de Zinacantepec, Metepec y Lerma si bien se localizan en polígonos con densidad alta, esta decae rápidamente, en las zonas contiguas. Mientras que la estación de Toluca Centro es la que tiene a su alrededor regiones altamente pobladas, lo que la puede convertir en la estación más demandada.

Por otra parte, se encontró que el tren no puede considerarse como un eje estructurador de conectividad para los viajes por motivos laborales, ya que las empresas y el empleo tienden a localizarse del centro de la ZMTT hacia el oriente, es decir del municipio de Toluca hasta Lerma, donde las grandes empresas se localizan en parques industriales hacia el norte de las estaciones de Metepec y Lerma.

En temas de transporte y movilidad, se encontró una creciente dependencia del uso del auto como medio de transporte, pasando de los 13,009 autos por cada 100 mil habitantes en el año 2000 a 35,403 en 2020, siendo los municipios de Toluca, Metepec y Lerma quienes concentran el 69.6% de autos registrados en circulación.

Por otro lado, se encontraron 25 empresas que operan el servicio de transporte público concesionado en la ZMMT, quienes operan 217 rutas a lo largo de 9.3 mil km. Estas se localizan en el centro del municipio de Toluca, partiendo de la estación de Toluca Centro, con una orientación hacia el norte y norponiente.

Por medio del *análisis de componentes principales*, se elaboró el *índice de rezago social* el cual mostró que el 71.1% de la población se encuentra entre los estratos medio (32.7%), alto (25.5%) y muy alto (12.9%), mientras que los valores bajos (24.5%) y muy bajos (4.4%) representan al 28.9% restante. Al utilizar la autocorrelación espacial para este índice se

encontró que los valores de rezago social más bajos tienden a localizarse hacia el centro de la ZMTT, mientras que incrementan de forma irregular hacia la periferia, precisamente formando un segundo anillo, pero con valores altos. Es decir, que mientras más se aleja del centro, el rezago social incrementa.

A nivel particular, las estaciones de Zinacantepec y Toluca Centro se encuentran en polígonos de asociación bajo – bajo, mientras que la estación de Lerma se localiza en lugares con asociaciones alto – bajo. Por su parte, la estación Metepec se encontró en regiones con valores no significativos en el índice LISA, pero con un polígono con una categoría de alto rezago social rodeada de valores bajo a muy bajo.

En términos de movilidad y transporte, se encontró que los municipios de Toluca, Metepec, Zinacantepec y Lerma concentran el 47.42% de los viajes por motivo laboral. Mientras que, del total de viajes, el 87.7% se realizan dentro de la ZMTT y el 12.3% se dirigen al Valle de México, donde el 62% tienen como destino a las alcaldías de Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, además de los municipios de Naucalpan de Juárez y Huixquilucan. Todos estos se encuentran en la parte poniente de la ZMVM, por lo que el trazo del tren tiene sentido en cubrir esta demanda.

A nivel regional, Toluca es el eje estructurador de los viajes por motivo laboral, el cual interactúa principalmente con Zinacantepec, Lerma, Almoloya de Juárez y Metepec. La región sur – oriente destaca por tener viajes internos con menor intensidad hacia distintos puntos de la propia región, sin patrones completamente claros.

En cuestión de conectividad, se encontró que la estación Lerma es la que tiene mayor carga de demanda potencial, al concentrar el 40% de la población total, pero, al mismo tiempo es en promedio la más lejana para todos estos probables usuarios (10.97 km de distancia promedio). Mientras que la estación de Toluca Centro es la más cercana en promedio para

todos sus usuarios potenciales (5.32 km de distancia promedio), concentrando el 22.4% de la población.

Al realizar el análisis de conectividad a través de las redes de transporte público, se encontró que para el caso de las estaciones de Zinacantepec y Metepec las rutas están disociadas de los requerimientos de viajes. Las rutas más cercanas no conectan con la localización de la población que requeriría acceder a estas. Mientras que la estación de Lerma tiene una red alimentadora a la estación pero que dependerá de la calidad del servicio para determinar si la población estuviese dispuesta a utilizarlo como medio de acceso a la estación.

El caso de Toluca Centro es importante, ya que las rutas cercanas a la estación cubren no solo a la población que idealmente está más cercana, sino que también tienen recorridos sobre los cuadrantes de Zinacantepec y de Metepec. Es decir, que una persona que probablemente tenga más cercana la estación de Zinacantepec en línea recta no tenga una ruta que pueda tomar para acceder al tren y tendría que ir a la estación de Toluca Centro, lo mismo para el caso de Metepec. Por lo que, Toluca Centro no solo estaría cubriendo la demanda de su propio polígono más cercano, sino la de sus alrededores.

Finalmente, la llamada *accesibilidad de tercer orden* mostró comportamientos irregulares a lo largo de la ZMTT, donde existían localidades al sur tenían accesibilidades más altas que las que se encuentran más cercanas a las estaciones. Pero esto no necesariamente significa mejores condiciones, sino que la sobre saturación de oferta de transporte público y sus irregularidades topológicas en el trazo de sus rutas provoca que los tiempos de traslado para sitios cercanos incrementen. Por otra parte, el tener acceso a todas las estaciones también incrementan los tiempos.

Para el caso de la *accesibilidad de segundo orden*, esta refleja condiciones restrictivas para la mayoría de la población donde solo el 42% de las secciones electorales tienen a su alcance alguna ruta de transporte público que las traslada a la estación más cercana (medida por una línea recta). También se observó que la estación de Toluca Centro es la que mejores condiciones de accesibilidad tiene a su alrededor y es la única que lograría captar la población correspondiente a su cuadrante más cercano. En el caso de la estación de Lerma solo cubre la parte sur, hacia los municipios de Capulhuac y Tianguistenco. Mientras que las estaciones de Zinacantepec y Metepec solo logran capturar las regiones de sus alrededores.

Para el caso de la *accesibilidad de primer orden*, se encontró que mejora los dos modelos anteriores, al minimizar los valores de accesibilidad real, este logra acercarse a las decisiones que tomaría una persona en su día a día, es decir, elegir la ruta que en el menor tiempo posible la acerque a alguna de las estaciones del tren (sin importar si es la más cercana en línea recta). Al elegir una sola línea se elimina el sesgo que genera la accesibilidad de tercer orden y, al poder llegar a cualquier estación se quita la limitación de que solo sea la más próxima (como en la accesibilidad de segundo orden).

Con la accesibilidad de primer orden se encontró que la estación de Toluca Centro es la que concentra los valores más altos, mientras que esta disminuye hacia las periferias, aumentando en los alrededores de cada estación. Dos fenómenos surgen de este análisis, por un lado, que los valores de accesibilidad decaen rápidamente cuando se alejan de la estación, lo que da cuenta de los problemas del servicio de transporte público. Por otra parte, se observan dos corredores de valores intermedios que parten de Toluca Centro al nororiente hasta llegar a Otzolotepec, mientras que otro parte de la misma estación hacia el sur, pasando por los municipios de Metepec, Mexicaltzingo, San Antonio la Isla, Calimaya, Rayón y llegando hasta Tenango del Valle. Esto podría indicar zonas adecuadas

para la implementación de sistemas alimentadores para las estaciones, como servicios BRT o de tren ligero.

Una vez que se incorporaron los valores de accesibilidad de primer y segundo orden al modelo de rezago social se encontró que esta se convierte en un factor que contribuye a la disminución del índice. A pesar de que su impacto es bajo, de -0.062 y de -0.034 respectivamente, esto da cuenta de los beneficios de la conectividad al tren en términos de justicia social.

Lo anterior se refleja en que se encontró que las condiciones actuales de accesibilidad logran disminuir el rezago social en las secciones electorales de las categorías muy bajo y muy alto, siendo estas las que se benefician del tren. Mientras que las categorizadas como medio y alto serán las mayormente afectadas por su dificultad para poder hacer aprovechamiento del tren.

En términos de justicia espacial, se encontró que la accesibilidad al tren interurbano dada por las rutas de transporte público contribuye a la polarización del comportamiento del rezago social. En este sentido, las regiones centrales presentan beneficios por la construcción del tren, mientras que regiones alejadas ven comprometida su situación a causa de la red de transporte público y no necesariamente por su lejanía al TIMT.

Discusión

Los hallazgos encontrados durante la investigación dan cuenta a lo revisado en la literatura. El modelo de producción actual lleva consigo la aglomeración geográfica de la acumulación del capital, creando grandes centros urbanos donde, la propia dinámica del capital lleva a su desarrollo multiplicado, en este caso siendo el municipio de Toluca el eje estructurador político, económico y social.

Sin embargo, esta acumulación geográfica excesiva abandona aquellos lugares donde no existen las condiciones adecuadas para su reproducción. Generando los grandes bloques de marginación y pobreza, que carecen de las oportunidades y ventajas de los centros de negocios, como es el caso de las zonas nororiental y surponiente de la ZMTT y los bloques intermedios con valores altos de rezago social.

La accesibilidad estudiada ha permitido cuantificar satisfactoriamente las desigualdades que las fuerzas de aglomeración han generado en el espacio, pero al mismo tiempo, nos muestra las áreas donde es necesario que el Estado y la sociedad intervengan para que el desarrollo de las ciudades sea más justo para toda la población.

Como se revisó en el capítulo uno, la desigualdad en la distribución geográfica de los servicios esenciales para la población es una de las expresiones más básicas de la (in)justicia espacial. En este sentido, si bien la construcción del tren interurbano tuvo una justificación adecuada en la conexión de la ciudad de Toluca con la Ciudad de México, el trazo obedece más a factores financieros, políticos y factibilidades alejadas del entorno social de la población de la ZMTT.

La urgencia que tendrá este servicio ferroviario será de líneas abastecedoras que permitan a la población llegar con facilidad y comodidad a cada una de las estaciones, pero crearlas también debería de considerar las necesidades internas de la región, que fueron explicadas anteriormente.

En este sentido, las estaciones del tren interurbano generarán mejores condiciones de accesibilidad a regiones que cuentan con grados bajos de rezago social en general, mientras que las zonas vulnerables seguirán aisladas en una lucha para poder acceder a este servicio de transporte tan importante para la región.

Entonces, la justicia espacial de la que habla Soja no ocurre en el momento en el que se establece un servicio público, sino en cómo es posible conectarlo con la población para contribuir a la disminución de la injusticia que se está generando. La inversión de más de 100 mil millones de pesos que se está realizando para la construcción del tren, al menos en el corto plazo, solo creará justicia para un pequeño sector de población, en tanto que la ciudad de Toluca y la de Tianguistenco puedan implementar conectores adecuados.

Algunas de las limitaciones del análisis fue el nivel de desagregación de las variables, debido a los ajustes que se tuvieron que realizar entre la clasificación que realiza el INEGI y la que realiza el INE. A pesar de que se tomaron los datos del INE para el análisis de la población arrojando resultados positivos, la combinación con los datos del INEGI es compleja en el sentido de que los límites administrativos de uno y de otro no son los mismos. En estudios que sean más específicos, hablando a nivel municipal o menor, se debería de tener en consideración esto.

Otro problema sobre los datos fue la recopilación de las redes de transporte público, en este sentido, la información es de 2007, que, si bien no se ha modificado significativamente, esto da cuenta de la falta de atención de los gobiernos en cuestión de movilidad para poder tener a disposición esta información tan relevante para la planeación.

El análisis de rezago social fue un reto debido al cambio de base de clasificación geográfica, pasando del AGEB a la Sección Electoral, esto se realizó debido a que al final de la investigación se integró el valor de la accesibilidad al modelo de componentes principales, por lo que, sin los valores numéricos originales (y no las categorías como lo publica el CONEVAL) no se hubiera conseguido el objetivo de la investigación. A pesar de que implicó sustituir la variable de hacinamiento, esto no impactó en el modelo de manera significativa, permitiendo tener control sobre su ejecución y los resultados.

Por otra parte, la implementación del análisis de accesibilidad tomando como referencia las rutas de transporte público fue uno de los pasos que más tiempo se llevó, tanto en su análisis como en su construcción. En estudios tradicionales de accesibilidad, se toma a las líneas de las carreteras como una única capa de entrada sobre las cuales se pueden calcular todas las rutas que una persona o la población podrían tomar para llegar a un destino (por ejemplo, una estación del tren).

Sin embargo, al tener más de 100 rutas de análisis significa que se tienen múltiples capas que se deben de evaluar, tomándolas como rutas únicas, es decir, que las redes que forman el transporte público son sustancialmente diferentes a las que forman las calles y avenidas, haciéndolas únicas. Por lo que la evaluación se realizó una por una, llevando un tiempo considerable en su ejecución, lo que dependerá del tipo de software y de la habilidad de la persona que manipula la información.

Recomendaciones

- Una de las líneas importantes para la ampliación del trabajo sería la propuesta de las líneas alimentadoras de las estaciones, con la información aquí expuesta es posible crear rutas de servicios BRT o trenes ligeros y medir el grado de accesibilidad que generarían para la población, mientras que su comparación con el rezago social es un paso importante para la justificación adecuada de la política pública. Como se comentó, una línea sería la de Tenango - Toluca – Otzolotepec, con un ramal hacia Almoloya de Juárez. Otra podría ser la de Tianguistenco – San Mateo Atenco – Lerma, que permita alimentar a la estación de Lerma con todo el extremo oriente de la región. Un eje intermedio para el caso de Metepec y el oriente del municipio de Toluca.

- Otra de las líneas de ampliación del presente trabajo sería la propuesta de medios para la actualización de bases de datos geográficas de las líneas de transporte público concesionado.
- La metodología puede ser replicada en otras ciudades con características similares a la ZMTT, es decir, una o varias líneas de transporte masivo de personas (un tren, metro o suburbano) y servicios de baja capacidad (tipo transporte público concesionado).

Referencias

- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. (2023, enero 27). *Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano*. Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte. <https://www.gob.mx/artf/documentos/mapas-del-sistema-ferroviario-mexicano>
- Alvarez Rojas, A. M. (2013). (Des) Igualdad socio espacial y justicia espacial: nociones clave para una lectura crítica de la ciudad. *Polis*, 12(36), 1–17. <https://doi.org/10.4000/polis.9514>
- Barreto, L. (2022). Políticas urbanas, violencias e injusticias espaciales. Cambios y persistencias en núcleos habitacionales transitorios (NHT) del Municipio de la Matanza. *Folia Histórica del Nordeste*, 45, 253–278. <https://doi.org/10.30972/fhn.0456310>
- Batabyal, A. A., & Beladi, H. (2022). Commuting to work in cities: Bus, car, or train? *Regional Science Policy & Practice*, 14(3), 599–609. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12521>
- Belogi, I., & Mera, G. (2022). Transporte y territorio urbano: condiciones de accesibilidad en el aglomerado Gran Buenos Aires. *Revista INVI*, 37(105), 174–203. <https://doi.org/https://doi.org/10.5354/0718-8358.2022.63497>
- Bjørnson Lunke, E. (2023). Accessibility in a multi-ethnic city: Residential trade-offs among first-time parents. *Journal of Transport Geography*, 107, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103543>
- Bono, F., & Gutiérrez, E. (2011). A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1443–1455. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.08.002>

- Buzai, G. D., & Montes Galbán, E. (2021). *Estadística espacial: fundamentos y aplicación con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires Editorial.
- Cáceres Seguel, C., & Ahumada Villarroel, G. (2020). Acceso a equipamiento urbano y calidad de vida. Quilpué y Villa Alemana, Chile. *Bitácora Urbano Territorial*, 30(3), 263–275. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/bitacora>
- Cadengo Ramírez, M., Casanova Zavala, W. A., & Mendoza Díaz, A. (2020). Clasificación de las carreteras según su riesgo de siniestralidad vial considerando la interacción de sus elementos físicos, geométricos y operacionales. *Instituto Mexicano del Transporte*, 607. <http://www.imss.imss.gob.incan.org.inegi.imss.org.inifap.edu.inifap.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt607.pdf>
- Calonge Reillo, F. (2016). Usos de los medios de transporte y accesibilidad urbana. Un estudio de caso en el Área Metropolitana de Guadalajara, México. *Papeles de Geografía*, 62, 90. <https://doi.org/10.6018/geografia/2016/256351>
- Camagni, R. (2004). *Economía Urbana* (Primera Edición). Antoni Bosch editor, S.A.
- Centro Mario Molina. (2014). *Estudio del Sistema Integral de Movilidad Sustentable para el Valle de Toluca*. <https://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2015/01/Documento-de-difusi%C3%B3n-Movilidad-Sustentable-Toluca.pdf>
- Cheng, Y.-H. (2010). High-speed rail in Taiwan: New experience and issues for future development. *Transport Policy*, 17(2), 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.10.009>

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2022). *Grado de rezago social en las ageb urbanas de México, 2020. Nota metodológica y principales resultados.*
- Consejo Nacional de Población. (2021). *Índice de marginación urbana 2020.*
- Cooper, E., & Vanoutrive, T. (2022). Is accessibility inequality morally relevant?: An exploration using local residents' assessments in Modesto, California. *Journal of Transport Geography*, 99, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103281>
- Cortés Cifuentes, V., Urazán, C. F., & Escobar, D. A. (2020). Accesibilidad territorial urbana ofrecida por la red de Transmilenio según condición socioeconómica. Caso Bogotá (Colombia). *Revista Espacios*, 41(29), 356–370. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n29/a20v41n29p26.pdf>
- Cortés Salinas, A., & Rojas Symmes, L. (2021). Transporte, movilidad y accesibilidad: campos y métodos emergentes para el análisis geográfico métodos emergentes para el análisis geográfico contemporáneo. *Universidad Verdad*, 79, 10–23. <https://doi.org/10.33324/uv.vi79.433>
- Cuberos Gallardo, F. J., & Díaz Parra, I. (2018). Justicia socio-espacial y disputa por los espacios centrales en el barrio del Abasto (Buenos Aires). *Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 12(16), 13–29. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353667618002>
- Dadashpoor, H., & Alvandipour, N. (2020). A genealogy of the five schools of justice in planning thought. *Habitat International*, 101, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102189>

- De Alba, F. (2005). ¿Es manejable la megalópolis de México?: cuando la modernidad se transforma en disputa clientelar. *Territorios*, 13, 31–52. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/1693>
- De Pietri, D., Dietrich, P., Mayo, P., Carcagno, A., & De Titto, E. (2013). Indicadores de accesibilidad geográfica a los centros de atención primaria para la gestión de inequidades. *Rev Panam Salud Publica*, 34(6), 452–460. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/8643/v34n6a12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dikeç, M. (2001). Justice and the Spatial Imagination. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 33(10), 1785–1805. <https://doi.org/10.1068/a3467>
- Enright, T. (2019). Transit justice as spatial justice: learning from activists. *Mobilities*, 14(5), 665–680. <https://doi.org/10.1080/17450101.2019.1607156>
- Escobar, D. A., Arteaga, G. A., & Zuluaga, J. D. (2016). Propuesta metodológica de un Índice de Cobertura de Estaciones de Servicio en zonas urbanas. *Espacios*, 37(22), 10–25.
- Escobar García, D. A., & Urazán Bonells, C. F. (2014). Accesibilidad territorial: instrumento de planificación urbana y regional. *Tecnura*, 18(1), 241–253. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257059812019>
- Fabela Gallegos, M. de J., & Durán Aguilar, O. (2007). Estimación del efecto del pasaje en el umbral de volcadura en autobuses urbanos. *Notas, Instituto Mexicano del Transporte*, 106.
- Fainstein, S. S. (2014). The just city. *International Journal of Urban Sciences*, 18(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/12265934.2013.834643>

- Fernández de Córdoba, M. B. (2017). El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumentos para el análisis funcional del sistema de asentamientos: el caso de Ecuador. *Estoa*, 6(11), 83–97. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a06>
- Ferrari, P., & Bozzano, H. (2019). Justicia territorial y justicia espacial. Urbanizaciones informales en la Pampa y Patagonia argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 28(2), 133–152. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383261555006>
- Ferrocarriles Suburbanos. (2023). *Tren Suburbano*. Ferrocarriles suburbanos. https://fsuburbanos.com/secciones/la_empresa/presentacion.php
- Flusty, S. (1994). *Building Paranoia: The Proliferation of Interdictory Space and The Erosion of Spatial Justice*. LA Forum for Architecture and Urban Design.
- Fuentes Flores, C. M., & Hernández Hernández, V. (2013). Segregación socioespacial y accesibilidad al empleo en Ciudad Juárez: Chihuahua (2000-2004). *Región y sociedad*, 25(56), 43–74. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252013000100002&lng=es&tlng=es
- Garrocho Rangel, C. (1993). Eficiencia, igualdad y equidad en la localización de los servicios de salud infantil del Estado de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 8(3), 601–640. <https://www.jstor.org/stable/40314715>
- Garrocho Rangel, C., & Campos Alanís, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía Sociedad y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est002006262>
- Garrocho Rangel, C., & Campos Alanís, J. (2013). Réquiem por los indicadores no espaciales de segregación residencial. *Papeles de Población*, 19(77), 269–300. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11228794011>

Gobierno de la Ciudad de México. (2023). *Mi Cablebús*.
<https://gobierno.cdmx.gob.mx/acciones/mi-cablebus/>

Gobierno de la Ciudad de México. (2024a). *Líneas y Estaciones de STC Metro (SHP)*. Portal de Datos Abiertos.

Gobierno de la Ciudad de México. (2024b). *Red de servicio*.
<https://www.ste.cdmx.gob.mx/red-de-servicio>

Gobierno de México. (2022). *Tren Interurbano México-Toluca*. Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte. <https://sct.gob.mx/index.php?id=4119>

Gobierno de México. (2023a). Decreto por el que se declara área prioritaria para el desarrollo nacional, la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema Ferroviario Mexicano. En *Secretaría de Gobernación*.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708967&fecha=20/11/2023#gsc.tab=0

Gobierno de México. (2023b, septiembre 15). *Presidente AMLO inaugura primera etapa de “El Insurgente”, Tren Interurbano México-Toluca*.
<https://www.gob.mx/amlo/prensa/presidente-amlo-inaugura-primera-etapa-de-el-insurgente-tren-interurbano-mexico-toluca>

Gobierno de México. (2024a). Tarifas del Tren Interurbano. En *Gobierno de México*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859098/Tarifas_del_Tren_Interurbano_Mexico.pdf

Gobierno de México. (2024b, agosto 31). *Inicia operaciones segunda etapa del Tren Interurbano México-Toluca “El Insurgente”*. <https://www.gob.mx/sct/prensa/inicia-operaciones-segunda-etapa-del-tren-interurbano-mexico-toluca-el-insurgente>

- Gobierno del Estado de México. (2015). Ley de Movilidad, Última reforma POGG: 11 de mayo de 2023. En *Gobierno del Estado de México*.
- Gobierno del Estado de México. (2018). *Plan de Desarrollo del Estado de México, 2017 - 2023*. <https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM20172023.pdf>
- Gobierno del Estado de México. (2023). *Plan Colibrí, 100 compromisos para la movilidad sostenible*.
- Gómez Martínez, R. (2018, noviembre 1). *Participación del Instituto de Ingeniería en la construcción de puentes especiales del tren interurbano México-Toluca*. Instituto de Ingeniería UNAM. <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/Proyecto/Paginas/TrenInterurbanoMexicoToluca.aspx>
- González Moreno, J. O., Backhoff Pohls, M. Á., Morales Bautista, E. M., & Vázquez Paulino, J. C. (2022). *Metodología para determinar la accesibilidad geográfica de las poblaciones de México*.
- Gottmann, J. (1957). Megalopolis or the Urbanization of the Northeastern Seaboard. *Economic Geography*, 33(3), 189. <https://doi.org/10.2307/142307>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Harvey, D. (1973). *Social Justice and the City (REV-Revised)*. University of Georgia Press.
- Harvey, D. (1982). *Los límites del capitalismo y la teoría marxista* (Primera Edición). Fondo de Cultura Económica.
- Hernández Orallo, J., Ramírez Quintana, M. J., & Ferri Ramírez, C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Pearson Educación, S.A.

- Hess, A.-K. (2022). The relationship between car shedding and subjective well-being. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100663>
- Higgs, G. (2004). A Literature Review of the Use of GIS-Based Measures of Access to Health Care Services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 5(2), 119–139. <https://doi.org/10.1007/s10742-005-4304-7>
- Higueras Arnal, A. M. (2003). *Teoría y método de la Geografía. Introducción al análisis geográfico regional* (1a Edición). Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Hinojosa Reyes, R., Jiménez Sánchez, P. L., & Campos Alanís, J. (2014). Transporte y calidad de vida en el Área Metropolitana de Toluca. En Ma. L. Quintero Soto, S. Padilla Loredó, & E. B. Velázquez Rodríguez (Eds.), *Aplicaciones de la transdisciplina en los sistemas de información, salud, transporte y comercio*. UAEM.
- Hoyos Castillo, G., & Camacho Ramírez, M. D. (2010). Vialidad Paseo Toluca en la Ciudad de Toluca. *Quivera*, 12(2), 221–246. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676011.pdf>
- INEGI. (1980). Censo de Población y Vivienda. En *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (1990). Censo de Población y Vivienda. En *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2000). Censo de Población y Vivienda. En *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2004). *Censos Económicos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2009). *Censos Económicos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI. (2010a). Censo de Población y Vivienda. En *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2010b). *Manual de cartografía geoestadística. Censo de población y vivienda 2010*.
- INEGI. (2014). *Censos Económicos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2019). *Censos Económicos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2020a). *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2020b). Estadísticas censales a escalas geoelectorales. En *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2020c). *Estadísticas censales a escalas geoelectorales 2020*.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/ECGE_presentacion_2020.pdf
- INEGI. (2021). *Síntesis metodológica y conceptual. Censo de Población y Vivienda 2020*.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197537.pdf
- INEGI. (2022). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, 5(2), 101–107. <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>
- Jacobs, J. (1969). *The economy of cities*. Random House Inc.

- Krajzewicz, D., Heinrichs, D., & Cyganski, R. (2017). Intermodal Contour Accessibility Measures Computation Using the “UrMo Accessibility Computer”. *International Journal on Advances in Systems and Measurements*, 10(3), 111–123. https://core.ac.uk/display/147323856?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Kuntz Ficker, S. (2010). *Historia económica general de México. De la colonia a nuestros días* (2da edición). El Colegio de México.
- Leal Vallejo, A., Carreón García, A., Orozco Camacho, M., Tapia Álvarez, M., & Cortés Alcalá, R. (2020). *Movilidad 4s para México: Saludable, Segura, Sustentable y Solidaria. Plan de Movilidad para una nueva normalidad*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/558043/ESTRATEGIA_M4S.pdf
- Lefebvre, H. (1968). *El derecho a la ciudad* (1a Edición). Capitán Swing Libros, S.L.
- Lefebvre, H. (1974). *La producción del espacio*. Capitán Swing Libros, S.L.
- Levinson, D. M. (2012). Accessibility impacts of high-speed rail. *Journal of Transport Geography*, 22, 288–291. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.029>
- Link L., F. (2011). Reseña de “Seeking Spatial Justice” de Edward W. Soja. *EURE*, 37(111), 173–177. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19618425008>
- Liu, S., & Zhu, X. (2004). Accessibility Analyst: An Integrated GIS Tool for Accessibility Analysis in Urban Transportation Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 105–124. <https://doi.org/10.1068/b305>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>

- Mansilla, P. (2018). Accesibilidad y movilidad cotidiana. En D. Zunino Singh, G. Giucci, & P. Jirón Martínez (Eds.), *Términos clave para los estudios de movilidad en América Latina* (pp. 25–32). Biblos.
- Miranda Hernández, J. C. (2024). Hacia el renacimiento de los trenes de pasajeros en México. *IC Ingeniería Civil*, 648, 1–7. <https://cicm.org.mx/wp-content/uploads/2024/01/IC648-ferrocarriles.pdf>
- Mondragón Ixtlahuac, M. M., Cortés Martínez, J. C., & Delgado Hernández, D. J. (2017). A strategic planning model for the passenger rail implementation process: The case of Mexico. *Transport Policy*, 55, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.01.004>
- Moreno, A., & Prieto Ma. Eugenia. (2003). Evaluación de procedimientos para delimitar áreas de servicio de líneas de transporte urbano con sistemas de información geográfica. *Investigaciones regionales*, 2, 85–102. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28900204>
- Morris, J. M., Dumble, P. L., & Wigan, M. R. (1979). Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research Part A: General*, 13(2), 91–109. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(79\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0191-2607(79)90012-8)
- Muhaimin, A. A., Gamal, A., Setianto, M. A. S., & Larasati, W. L. (2022). The spatial justice of school distribution in Jakarta. *Heliyon*, 8(11), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11369>
- ONU - Habitat. (2022, agosto 12). *El radio caminable*. <https://onu-habitat.org/index.php/el-radio-caminable>

- Palacio Prieto, J. L., Sánchez Salazar, M. T., Casado Izquierdo, J. M., Sancho y Cervera, J., Valdez Mariscal, C., & Cacho González, R. (2004). *Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. McGraw Hill.
- Pirie, G. H. (1983). On Spatial Justice. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 15(4), 465–473. <https://doi.org/10.1068/a150465>
- Pradilla Cobos, E. (1998). Metrópoli y megalópolis en América Latina. *Diseño y sociedad*, 8, 39–48.
- Rocha Chiu, L., & Jiménez Argüelles, V. (2016). Construcción del tren México- Toluca: evaluación técnica y financiera. *Congreso 2016 Administración y Tecnología para la arquitectura, diseño e ingeniería*. https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/congreso_2016/04.pdf
- Santos y Ganges, L., & De las Rivas Sanz, J. L. (2017). Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. *Ciudades*, 11, 13–32. <https://doi.org/10.24197/ciudades.11.2008.13-32>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2013). *Proyecto “Construir el tren interurbano México-Toluca 1era etapa”*. https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTfM/Proyectos_Pasajeros/Mex-Tca/ACB_Mex-Tca.pdf
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2017). *Estudio de impacto urbano. Tramo 3*. https://www.obras.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Tren%20Interurbano/Estudio%20de%20Impacto%20Urbano_compressed_compressed_compressed.pdf

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2020a). *Movilizará Tren Interurbano México-Toluca 230 mil pasajeros al día, casi tres veces capacidad del Estadio Azteca*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/prensa/movilizar-tren-interurbano-mexico-toluca-230-mil-pasajeros-al-dia-casi-tres-veces-capacidad-del-estadio-azteca>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2020b, septiembre 11). *El Tren Interurbano México-Toluca, proyecto de vanguardia: Subsecretario de Transportes, Carlos Morán Moguel*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/prensa/el-tren-interurbano-mexico-toluca-proyecto-de-vanguardia-subsecretario-de-transportes-carlos-moran-moguel>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2022, diciembre 30). *Inició pruebas preoperativas el Tren Interurbano México Toluca y avanza en obra civil: Nuño Lara*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/prensa/inicio-pruebas-preoperativas-el-tren-interurbano-mexico-toluca-y-avanza-en-obra-civil-nuno-lara?idiom=es>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, T. y U. (2024). *La digitalización del transporte público en las ciudades mexicanas*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/927342/La_Digitalizacio_n_del_Transporte_Pu_blico_en_las_ciudades_Mexicanas.pdf
- Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, Consejo Nacional de Población, & Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*.
- Secretaría de Movilidad. (2024a). *Mexibús*. Sistema de Transporte Masivo y Teleférico. <https://sitramytem.edomex.gob.mx/mexibus>
- Secretaría de Movilidad. (2024b). *Mexicable*. Sistema de Transporte Masivo y Teleférico. <https://sitramytem.edomex.gob.mx/mexicable>

- Sistema Integral de Planeación Administrativa del Transporte Público. (2007). *Red de transporte público de la Zona Metropolitana de Toluca*. Gobierno del Estado de México.
- Smith, D. M. (2000). Social Justice Revisited. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 32(7), 1149–1162. <https://doi.org/10.1068/a3258>
- Sobrino, J. (2010). *Migración interna en México durante el siglo XX*. Consejo Nacional de Población.
- Soja, E. W. (2000). *Postmetropolis: Critical Studies of Cities and Regions* (Primera Edición). Blackwell.
- Soja, E. W. (2010). *Seeking Spatial Justice* (Vol. 16). University of Minnesota Press.
- Talavera, R., & Valenzuela, L. M. (2014). *Guía para el análisis de la accesibilidad espacial del transporte público: enfoque desde los sistemas de metro ligero*.
- Taylor, M. A. P., Sekhar, S. V. C., & D'Este, G. M. (2006). Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks. *Networks and Spatial Economics*, 6(3–4), 267–291. <https://doi.org/10.1007/s11067-006-9284-9>
- Veloz, J. (2015). *Guía de implementación de políticas y proyectos de desarrollo orientado al transporte, hacia ciudades bajas en emisiones*. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Gu%C3%ADa-de-implementaci%C3%B3n-de-proyectos-DOT1.pdf>
- Wang, J., Du, D., & Huang, J. (2020). Inter-city connections in China: High-speed train vs. inter-city coach. *Journal of Transport Geography*, 82, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102619>
- Yuan, Y., Xu, J., & Wang, Z. (2017). Spatial Equity Measure on Urban Ecological Space Layout Based on Accessibility of Socially Vulnerable Groups—A Case Study of Changting, China. *Sustainability*, 9(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su9091552>

Zanganeh, A., Ziapour, A., Naderlou, R., Teimouri, R., Janjani, P., & Yenneti, K. (2023). Evaluating the access of slum residents to healthcare centers in Kermanshah Metropolis, Iran (1996–2016): A spatial justice analysis. *Heliyon*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12731>

Anexo

Tabla 18. Varianza total explicada del método PCA para el IRS a nivel sección electoral en la ZMTT

Componente	Total	% de varianza	% acumulado
1	10.632	62.63	62.63
2	1.923	11.326	73.956
3	0.96	5.657	79.613
4	0.741	4.364	83.977
5	0.629	3.703	87.68
6	0.477	2.809	90.489
7	0.341	2.01	92.499
8	0.328	1.931	94.43
9	0.263	1.547	95.977
10	0.193	1.134	97.111
11	0.119	0.702	97.813
12	0.104	0.612	98.426
13	0.079	0.465	98.89
14	0.067	0.395	99.285
15	0.057	0.336	99.622
16	0.039	0.232	99.854
17	0.025	0.146	100

Fuente: elaboración propia.

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales. Al analizar una matriz de covarianzas, los autovalores iniciales son los mismos entre la solución reescalada y pura.

Tabla 19. Varianza total explicada del método PCA para el IRSa a nivel sección electoral en la ZMTT para la accesibilidad de primer orden

Componente	Total	% de varianza	% acumulado
1	10.655	56.602	56.602
2	2.057	10.926	67.528
3	1.692	8.99	76.518
4	0.96	5.099	81.617
5	0.741	3.938	85.554
6	0.628	3.338	88.893
7	0.477	2.534	91.426
8	0.341	1.813	93.239
9	0.328	1.742	94.98
10	0.261	1.389	96.369
11	0.193	1.025	97.394
12	0.119	0.631	98.025
13	0.104	0.551	98.576
14	0.079	0.421	98.997
15	0.067	0.357	99.355
16	0.057	0.304	99.659
17	0.039	0.209	99.868
18	0.025	0.132	100

Fuente: elaboración propia.

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales. Al analizar una matriz de covarianzas, los autovalores iniciales son los mismos entre la solución reescalada y pura.

Tabla 20. Varianza total explicada del método PCA para el IRSa a nivel sección electoral en la ZMTT para la accesibilidad de segundo orden

Componente	Total	% de varianza	% acumulado
1	10.653	59.18	59.18
2	1.934	10.744	69.924
3	1	5.557	75.482
4	0.956	5.311	80.792
5	0.741	4.118	84.91
6	0.628	3.49	88.4
7	0.477	2.649	91.048
8	0.34	1.891	92.939
9	0.328	1.821	94.761
10	0.26	1.443	96.203
11	0.193	1.071	97.274
12	0.119	0.659	97.933
13	0.104	0.577	98.51
14	0.079	0.441	98.951
15	0.067	0.374	99.325
16	0.057	0.318	99.643
17	0.039	0.219	99.862
18	0.025	0.138	100

Fuente: elaboración propia.

Nota: Método de extracción por análisis de componentes principales. Al analizar una matriz de covarianzas, los autovalores iniciales son los mismos entre la solución reescalada y pura.