



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL
MAESTRÍA EN ESTUDIOS DE LA CIUDAD

**EFICIENCIA DE INTERACCIÓN ENTRE PEATONES,
AUTOMOVILISTAS E INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA
MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DE
TOLUCA EN 2018**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestro en Estudios de la Ciudad

P R E S E N T A:

Ing. Juan Ramón Alvarado Torres

TUTOR ACADÉMICO:

Dr. en C. S. Alfonso Mejía Modesto

TUTORES ADJUNTOS:

M. en D.M. Guadalupe Hoyos Castillo

Dr. en C. A. Alejandro Alvarado Granados

Toluca, Estado de México, junio de 2019



Índice

Introducción	1
I. Aspectos básicos sobre ciudad y movilidad urbana	2
II. Antecedentes y estado del arte	4
III. Planteamiento del problema	6
IV. Justificación	9
V. Pregunta de investigación e hipótesis	11
VI. Objetivos	11
VII. Metodología	12
Capítulo 1. Marco teórico conceptual de la estructura policéntrica y movilidad urbana e interacción morfológica	14
1.1. Estructura urbana policéntrica	15
1.2. Movilidad urbana	21
1.2.1. Peatones	24
1.2.2. Automovilistas	29
1.2.3. Cuidado Ambiental	33
1.2.4. Crecimiento Económico	35
1.3. Infraestructura y entornos de movilidad peatonal	38
1.3.1. Dimensión morfológica	39
1.3.2. Dimensión funcional	41
1.3.3. Dimensión ambiental	42
1.4. Eficiencia de Interacción Morfológica	44
1.4.1. Interacción	44
1.4.2. Eficiencia	46
Conclusion parcial	47
Capítulo 2. Metodología para el análisis de la eficiencia de interacción morfológica	49

Índice

2.1. Variables e indicadores	51
------------------------------	----

2.2. Eficiencia de interacción morfológica de los entornos de movilidad peatonal	54
2.2.1. Existencia de espacio peatonal	54
2.2.2. Capacidad de servicio	55
2.2.3. Razón de continuidad	57
2.3. Eficiencia de conexiones entre entornos de movilidad peatonal	57
2.3.1. Razón de distancia	58
2.3.2. Razón de semáforo	59
2.4. Índice de eficiencia de interacción morfológica	59
2.5. Prueba de metodología en el caso de estudio de Vila-seca, España	63
Conclusión parcial	71
Capítulo 3. Eficiencia de interacción morfológica en policentralidades de la Zona Metropolitana de Toluca	73
3.1. Caracterización social y espacial de la Zona Metropolitana de Toluca	74
3.2. Toluca (Centro)	80
3.3. Metepec (Plaza Galerías)	85
3.4. San Mateo Atenco (Centro)	90
3.5. Toluca (Central de Abasto)	94
3.6. Toluca (Norte)	98
3.7. Toluca (SEDAGRO)	101
3.8. Toluca (Juzgados - Hospital)	102
Conclusión parcial	107
Capítulo 4. Evaluación de la eficiencia de interacción morfológica en la Zona Metropolitana de Toluca	109
4.1. Entonos de movilidad peatonal	110

Índice

4.2.	Conexiones entre entornos de movilidad peatonal	113
4.3.	Eficiencia de interacción morfológica	117
Conclusión final		121
Bibliografía		125
Anexo Estadístico		132
Anexo I. Vila-seca, España		133
Anexo II. Centros de estudio en campo		139
II. I. Toluca (Centro)		139
II. II. Metepec (Plaza Galerías)		150
II. III. San Mateo Atenco (Centro)		158
II. IV. Toluca (Central de Abasto)		164
II. V. Toluca (Norte)		169
II. VI. Toluca (Juzgados - Hospital)		173

Índice de figuras

Figura III-1 Número y tasa de crecimiento exponencial de vehículos registrados en circulación en el municipio de Toluca	7
Figura 1.1-1 Interacciones	18
Figura 1.1-2 Modelo de núcleos múltiples de Harris y Ullman	19
Figura 1.2-1 Esquema de Movilidad Urbana	23
Figura 1.2.1-1 Presencia de policías en la esquina de Paseo Tollocan y Paseo Universidad, en Toluca, Estado de México	28
Figura 1.2.2-1 Índice de motorización para el municipio de Toluca por cada 100 habitantes	30
Figura 1.2.2-2. Vehículos de motor registrados en circulación (por año) en el municipio de Toluca	31
Figura 1.2.2-3. Número de vehículos en circulación para distintas ciudades	32
Figura 2-1. Diagrama de entornos de movilidad peatonal y su conexión	51
Figura 2.5-1. Espacio peatonal en Vila-seca, España.	64
Figura 2.5-2. Fotografías aéreas de Vilaseca 1993, 1996 y 2006	66
Figura 2.5-3. Entornos de movilidad peatonal de análisis	67
Figura 2.5-4. Resultados de eficiencia	70
Figura 3.1-1. Zona Metropolitana de Toluca	75
Figura 3.1-2. AGEB urbanos y centralidades (puntos de interés) ZMT	78
Figura 3.2-1. Toluca (Centro)	81
Figura 3.3-1. Metepec (Plaza Galerías)	87
Figura 3.4-1 San Mateo Atenco Centro.	91
Figura 3.5-1. Toluca (Central de Abasto)	95
Figura 3.6-1. Toluca (Norte)	99
Figura 3.8-1. Toluca (Juzgados - Hospital)	103
Figura 4.1-1. San Mateo Atenco (Centro) eficiencia de EMP	112
Figura 4.2-1. Metepec (Plaza Galerías) distancia en conexiones	115
Figura 4.2-2. Metepec (Plaza Galerías) eficiencia de conexiones	116

Índice de tablas

Tabla 1.3.1-1 Factores morfológicos	39
Tabla 1.3.2-1 Factores funcionales	41
Tabla 1.3.3-1 Factores ambientales	42
Tabla 2-1. Matriz metodológica de medición de la eficiencia de interacción morfológica	52
Tabla 2.1.1-1 Espacio peatonal	55
Tabla 2.1.2-1. Ecuaciones para el cálculo de la capacidad de servicio	56
Tabla 2.1.3-1. Ecuación para el cálculo de la Razón de continuidad	57
Tabla 3.2.1-1. Ecuación para el cálculo de la Razón de distancia	58
Tabla 2.2.2-1. Ecuación para el cálculo de la Razón de semáforo	59
Tabla 2.3-1. Ecuaciones para el cálculo de la eficiencia de interacción morfológica	60
Tabla 2.3-2. Ecuaciones para el cálculo de Valores Generales (VG)	62
Tabla 2.5-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica	68
Tabla 3.2-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Centro)	83
Tabla 3.3-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Metepec (Plaza Galerías)	88
Tabla 3.4-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en San Mateo Atenco (Centro)	93
Tabla 3.5-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Central de Abasto)	97
Tabla 3.6-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Norte)	100
Tabla 3.8-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Juzgados - Hospital)	105
Tabla 4-1 Eficiencia de interacción morfológica en policentralidades	118

Introducción

El crecimiento de la ciudad ha dado lugar a toda una serie de dinámicas complejas para los aspectos económicos, educativos, sociales, culturales, etc. Para todos ellos es necesario tener en consideración los problemas de la movilidad; es decir, de los desplazamientos de bienes y personas al interior de una zona urbana; los cuales son muy variantes, tanto en el modo de transporte, como en la infraestructura de la que se dispone y usa; también, existen enormes variaciones en la distancia, el tiempo y el costo, como lo dicen Ferrer y Vélez (2016).

La presente investigación está enfocada en obtener una medida de la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial; para la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), basándose en los resultados de la relación entre 2 o más entornos de movilidad peatonal.

El documento se divide en 5 partes, la primera es una parte introductoria donde se mencionan aspectos generales de la investigación como el planteamiento del problema, los objetivos, la metodología general y la pregunta de investigación e hipótesis; la segunda parte denominada capítulo 1 es donde se presenta la información teórica y conceptual por medio de la cual se propondrá la metodología específica por medio de la cual se obtendrán los resultados de la investigación.

La tercera parte es el capítulo 2, mismo que contiene el desarrollo y propuesta de la metodología específica de la investigación, donde se incluyen las concepciones bajo las cuales se interpretará la realidad urbana, un modelo teórico y los modelos matemáticos bajo los cuales se operarán las variables involucradas; incluyendo una prueba de campo en Vila-seca, España.

La cuarta parte es el capítulo 3, donde se aplica la metodología en las centralidades obtenidas de la concentración de empleo urbano, empleos formales de la industria y servicios al productor, al consumidor y servicios sociales en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), ya que en ellas se medirá la interacción morfológica.

En la quinta parte, el capítulo 4, donde se presenta la evaluación y el cumplimiento de la hipótesis de trabajo como respuesta a la pregunta de investigación planteada para guiar el presente documento.

I. Aspectos básicos sobre ciudad y movilidad urbana

Para una investigación en movilidad es necesario establecer las categorías y definiciones conceptuales que permitan un mejor entendimiento de la orientación que se desea tomar. A continuación se presentan las consideradas en el texto.

Goycoolea (2005) indica que cuando se trata de analizar una ciudad, se tienen 2 perspectivas contrarias entre sí; la primera es que lo material condiciona la vida social y la segunda es que la vida social es independiente de lo material. De éstas posturas, Platón es el representante de la primer idea y Aristóteles de la segunda. También menciona que Platón considera a los órdenes político y espacial de las ciudades en forma tal que forman una unidad, es decir, que no se pueden explicar el uno sin el otro.

Aunque las posturas de Platón y Aristóteles son contrarias entre sí, Goycoolea (2005:) dice que ambos reconocen que el espacio donde está la sociedad no puede ser limitativo o sumamente acotado, ya que necesita de más espacio para existir; además reconocen la influencia del territorio en la salud de los habitantes.

Guedess (2009) por su parte, agrega que la ciudad no ha aparecido sólo así, sino que es el resultado de transformaciones sociales, económicas, políticas y demográficas; por lo

tanto, para poder estudiarla es necesario entender esas transformaciones a través del tiempo. Además, en los estudios de la ciudad es necesario entender que las ciudades tienen uno o varios orígenes que sus transformaciones, continúan evolucionando.

Las ideas de Goycoolea (2005) y de Guedess (2009) sientan las bases para decir que la ciudad, independientemente de si lo espacial condiciona lo social o si lo social condiciona lo espacial, son parte de una fracción del espacio necesario para la existencia de la sociedad; por lo tanto, es reconocible y necesaria la existencia de un espacio mayor que no es ciudad para que la propia ciudad exista.

Dado que existe una ciudad y un espacio mayor y que en ellos se da la existencia de la sociedad entonces, dentro de la ciudad, dentro del espacio mayor y entre la ciudad y entre el espacio mayor, debe haber comunicación, vinculaciones, movimientos e interacción, según describe De Matos (2008).

En este sentido, primero es necesario reconocer la existencia de la ciudad y su entorno, a la vez que la interacción entre los diversos actores involucrados. Después viene el reconocimiento de que las ciudades han tenido una historia y que aquello que actualmente se aprecia desde cualquier perspectiva, es el resultado de múltiples transformaciones; dichas transformaciones han conformado una estructura urbana que según Graizbord (2008) principalmente es resultado de las relaciones económicas entre productores y consumidores.

La presente investigación sobre movilidad urbana, tiene por directriz el estudio de la eficiencia de las interacciones de peatones y automovilistas en un territorio dado; dicha interacción surge del uso del espacio físico de la ciudad y su entorno para trazar redes viales que resuelven las necesidades de movimiento físico en la ciudad y su entorno, las cuales provienen de las interacciones complejas generales alrededor y dentro de la ciudad.

II. Antecedentes y estado del arte

A continuación se presentan las ideas principales de algunos de los diversos estudios relacionados con el tema de interés de la presente investigación. Se han revisado los textos para destacar líneas de investigación y análisis seguidos por cada autor.

El Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (2012), sobre la gestión de la movilidad en México, sugiere la reducción de viajes en automóvil en una ciudad o espacio determinados. La manera de eficientar la red actual o red básica disponible de infraestructura vial, versa sobre el automóvil y su manera de compartirlo, cambiarlo por la locomoción natural humana de caminar, sustituirlo por la bicicleta, aumentar el uso del transporte público, etc. Inclusive habla sobre eliminar la necesidad de transportarse del punto de residencia al de trabajo por medio de incentivar políticas públicas y tecnologías diseñadas para trabajar a distancia o desde casa.

Con base en el enfoque general de la movilidad, el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (2012) propone que si se articulan soluciones en torno a la premisa fundamental de reducir el número de viajes en automóvil, los efectos en las ciudades serían de reducción de costos de transporte, reducción de congestiones vehiculares, ahorros en costos de estacionamiento, mejor accesibilidad general para las personas que no manejan automóvil (la mayoría de personas en el ideal planteado de ciudad), reducción de contaminación (tanto atmosférica como sonora, entre otras), mejora general en salud y bienestar de la población; entre otros.

Se mencionan otros aspectos generales, sin embargo se permanece en la postura de exclusivamente reducir el número de viajes en automóvil.

Centro Mario Molina (2014), en el desarrollo del estudio de movilidad sostenible para el Valle de Toluca, aborda el tema con base en 5 objetivos principales, los cuales son: 1)

crear una estructura urbana policéntrica, a través de la consolidación de subcentros alternativos, 2) garantizar la accesibilidad, la cobertura, la calidad del servicio y el equilibrio financiero del sistema de transporte, 3) transformar los cuatro corredores estructuradores en calles completas, 4) crear el marco regulatorio e institucional que transforme y ordene la movilidad hacia la sustentabilidad apoyado de la participación ciudadana, y 5) desincentivar la utilización de los modos privados motorizados como forma primordial de transporte.

El estudio presentado por el Centro Mario Molina (2014) abarca desde la propia estructura central de la ciudad, pasando por la reestructuración del transporte público, la modificación de la infraestructura vial principal y finalizando con un marco legal de regulación; en términos generales pretende reformar a la ciudad, rediseñarla y adecuarla para que sea eficiente, tanto en términos ecológicos, como en términos económicos, sociales, comerciales y energéticos. Sin embargo, para que funcione el plan, es necesario que todos los objetivos se cumplan y ahí existe una dificultad importante.

Por otro lado, el Centro Mario Molina (2014) no toca detalles específicos de cada una de las acciones propuestas para alcanzar los objetivos planteados, pero las ideas centrales se aprecian en la redacción del documento completo. Es de resaltar la importancia de dicho estudio dado que se sitúa precisamente en la zona metropolitana donde la presente investigación tiene lugar.

Obregón y Betanzo (2015), en el estudio titulado *Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro*, mediante una encuesta origen-destino, instrumentada con ayuda de un muestreo estadístico, indagaron en los desplazamientos, los medios y los motivos de viaje, así como en las características de los viajes de las personas entrevistadas, tales como su experiencia, la valoración de la calidad de los servicios de transporte, entre otros.

En el trabajo de Obregón y Betanzo (2015), resaltan aspectos de movilidad, tales como la duración de los trayectos, motivos de viaje, entre otros; los cuales pertenecen al ámbito exploratorio de las condiciones actuales de un lugar determinado.

Duarte (2015) desarrolla una investigación en torno a los transportes colectivos, con una crítica dirigida hacia las acciones de los gobernantes y mencionando las áreas de oportunidad de la implementación de sistemas de transporte colectivo modernos y de mayor capacidad a los actuales en Bogotá, la capital colombiana.

En los estudios citados hasta aquí, se identifica un patrón de temáticas analizadas, tales como el estudio de los medios de transporte que permiten la movilidad de los residentes en un área urbana, mejorar los transportes actuales para disminuir el uso del automóvil, en mejorar la calidad de los traslados de un punto a otro; es decir, se refieren a crear escenarios nuevos de generación de viajes o administración de los mismos, sin resolver la situación de conflicto entre los peatones y todas las otras maneras de pasar de un punto a otro.

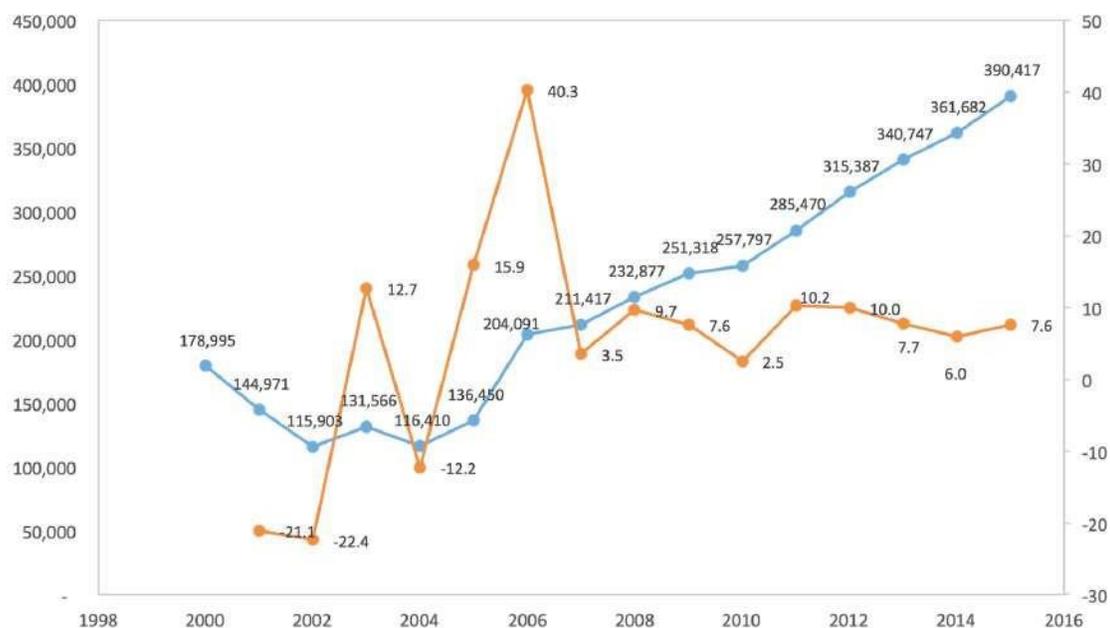
III. Planteamiento del problema

La Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) presenta una compleja interrelación, debido al gran número de población que a diario interactúan en ella por el continuo proceso de crecimiento físico descontrolado que presenta. Por ejemplo, en los últimos años han proliferado los conjuntos habitacionales en el sur y norte de la zona metropolitana, principalmente en los municipios de Calimaya, Almoloya de Juárez y Toluca, agravando la situación.

El índice de motorización ha crecido en el municipio de Toluca, generando caos en el transporte y acceso vial; lo que ha tenido efectos, tanto contaminantes como de seguridad pública ya mencionados en los antecedentes. Sin embargo, aunque el índice de

motorización y el número de vehículos siga aumentando, se registra desaceleración del ritmo, así ilustra la *Figura III-1*, elaborada con datos de INEGI (2017), constata el hecho de que, aunque el ritmo de crecimiento es menor que en años anteriores, sigue aumentando el número absoluto de vehículos.

Figura III-1 Número y tasa de crecimiento exponencial de vehículos registrados en circulación en el municipio de Toluca



■ Tasa de crecimiento exponencial
 ■ Número de vehículos registrados en circulación

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2017).

En un contexto de cada vez mayor de vehículos automotores en el área urbana, estudios científicos como los de Franco et al (2010), Guío (2009), Osorio (2008), Márquez (2015), Zárata (2005), entre otros; destacan que en la ciudad de México y zonas urbanas latinoamericanas existe una importante falta de cultura cívica (reflejada en el popular desuso de la infraestructura vial), tanto de los peatones y automovilistas como de las autoridades encargadas de generar que los habitantes se beneficien de tener accesos seguros a servicios sociales, urbanos e infraestructura urbana.

Además de la falta de cultura cívica vial general en Latinoamérica, para el caso específico de la ciudad de Toluca, se tiene además un problema con es el espacio peatonal. Este espacio ha resultado ser pobre, en comparación con el destinado a los vehículos; por ésta razón, los habitantes de la Ciudad de Toluca y las autoridades encargadas de administrar los caminos y carreteras, han ido llevando ésta situación a manera de “castigar la agilidad” de los traslados en vehículo, tal como lo indican los documentos de la Secretaría de Comunicaciones del Estado de México (2008) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011) en sus apartados respectivos a la exposición de motivos.

Siendo los peatones y los automovilistas quienes más hacen uso de la infraestructura vial en la ciudad, por ello el problema de interés radica en investigar cómo es la interacción entre los peatones, automovilistas y la infraestructura vial, no sólo en la ciudad central de Toluca, sino en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), en el marco de una movilidad urbana que garantice condiciones de seguridad pública, cuidado ambiental, crecimiento económico e igualdad social.

La problemática que queda fuera del análisis de las investigaciones antes citadas es la manera de resolver el conflicto físico que nace al coincidir los peatones y los vehículos en un mismo espacio y tiempo; por tanto es en la determinación de una manera de evaluar ese conflicto donde la presente investigación toma su lugar.

El problema de movilidad que se pretende estudiar en la ZMT es respecto a cómo es la eficiencia de interacción entre los peatones, automovilistas e infraestructura vial y no se pretende plantear algún sistema de transporte masivo o generar alguna política de uso de suelo, sino en identificar una medida en que se resuelve el problema de tránsito, que de acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (2007), es definido como el fenómeno físico de pasar de un punto a otro en el espacio.

IV. Justificación

El problema que ha generado el uso intenso del automóvil no es nuevo, ya que, de acuerdo con Drago (2016), para el caso de la Ciudad de México, en el año de 1922 Alfonso Pallares escribía un artículo en el Anuario SAM (Sociedad de Arquitectos Mexicanos), en el cual describía cómo las arterias centrales de la ciudad estaban congestionadas de vehículos y no permitían que los peatones y auomovilistas realizaran sus actividades, generando conflictos entre ellos; idea que fue contemporánea con los planteamientos de 1929 de Le Corbusier (plasmados en la Carta de Atenas), en los que en el artículo 52 menciona cómo las calles que fueron diseñadas para carruajes y peatones, ya no eran funcionales para los medios de transporte de la época, además en los siguientes artículos expone que las deficiencias radican en las dimensiones y los cruces.

Etcharren (1972), señala que la llegada del automóvil a México en 1906 fue la más contundente razón de cambio y construcción de caminos en nuestro país; desafortunadamente, la situación de conflicto por motivo de la Revolución Mexicana, generó problemas de planeación urbana, pues al momento de iniciar los proyectos la realidad era que el automóvil requería totalmente de nuevos caminos de manera urgente. Tal situación implicó pasar por alto gran parte de los estudios técnicos, debido a que lo que hacía falta construir “saltaba a la vista” y se realizó inmediatamente, con el presupuesto económico como única limitación.

También Hall (1996) menciona que a mediados de los años veinte ya se había popularizado el automóvil en Estados Unidos, a una escala que el mundo conocería hasta la décadas de los años 50 o 60 y también había caos vial en algunas ciudades, como en Nueva York. A la par de la popularización del automóvil, comenzaron a surgir las carreteras privadas como la Long Island Motor Parkway construida entre 1906 y

1911; siendo ésta la primera autopista de acceso limitado en el mundo, propiedad de William K. Vanderbilt.

Es así como desde inicios del siglo XX hasta la época contemporánea se ha tenido una situación donde la presencia constante del automóvil en las ciudades genera problemáticas diversas para los mismos usuarios automovilistas como para los peatones; en este sentido, el estudio de la eficiencia de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) es de suma importancia en un territorio donde existe un problema de movilidad que resulta en que la solución a dicho problema, que involucra principalmente la seguridad de los peatones en su tránsito cotidiano, es construir reductores de velocidad en una cantidad que durante el año de 2015 fue estimada en 1 cada 371 metros de camino por Alvarado (2015).

Con dicha solución se incrementan los tiempos de recorrido, las emisiones de contaminantes y los costos generalizados de viaje; además de que no se satisfacen las condiciones deseables de movilidad urbana, ocasionando que la ciudad pierda conectividad y agilidad. Lo anterior no quiere decir que los reductores de velocidad es aquello que se pretende indagar en la investigación, sino que son un elemento en la infraestructura vial que deja ver la existencia de un problema en la movilidad urbana entre los peatones y automovilistas.

Ferrer y Vélez (2016) indican que actualmente la movilidad urbana busca entender las razones por las que se mueven las personas y cómo es que ellas se mueven; esa idea involucra una visión macro de la ciudad en la que la solución no es ocupar el espacio urbano con carreteras cada vez más anchas, sino eficientar ese recurso tan limitado que se tiene: el espacio urbano.

V. Pregunta de investigación e hipótesis

La presente investigación indaga en la manera en que se relacionan los peatones, automovilistas y la infraestructura vial en la movilidad urbana de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) en el año 2018; de aquí que la pregunta central se formula de la siguiente manera:

¿Qué tan eficiente es la interacción morfológica de los peatones, automovilistas y la infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018?

La hipótesis que pretende responder esta pregunta de investigación es: La interacción morfológica entre los peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018 es ineficiente.

VI. Objetivos

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de interacción morfológica de los peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018.

Objetivos específicos

1. Desarrollar un marco teórico - conceptual, para investigar la movilidad urbana.
2. Desarrollar una metodología, para determinar una medida de cómo es la eficiencia de interacción morfológica de los peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT.

3. Describir y caracterizar la zona de estudio, para delimitar los puntos de interés de la investigación y realizar una prueba piloto en una ciudad de España; elegida por poseer características de movilidad urbana enfocadas hacia el peatón.
4. Realizar las mediciones correspondientes a la metodología desarrollada en los puntos de interés de la zona de estudio.
5. Determinar la medida de la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT.

VII. Metodología

A continuación se enumeran los pasos o actividades generales que permitirán alcanzar los objetivos específicos que a su vez permitirán lograr el objetivo general.

Pasos y actividades a seguir en el objetivo 1:

1. Revisión de literatura especializada para identificar las teorías aplicables a la movilidad urbana y conceptos que permitirán el correcto enfoque del estudio; principalmente en la plataforma de revistas Redalyc.
2. Revisión de investigaciones científicas que abordan el tema de estudio de la presente investigación; principalmente en la plataforma de revistas Redalyc.

Pasos y actividades a seguir para realizar el objetivo 2:

1. Con base en las características morfológicas de la infraestructura vial peatonal y las investigaciones previamente consultadas; construir la serie de modelos matemáticos que permitan obtener una medida de eficiencia de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.

Pasos y actividades a seguir para realizar el objetivo 3:

1. Delimitar cartográficamente el área de estudio y exponer la importancia para la investigación; en términos espaciales, económicos, demográficos, etc.
2. En el área de estudio, escoger los puntos de interés en los cuales se desarrollará la investigación y argumentar la elección con base en la policentralidad de la ZMT.
3. Realizar movilidad académica internacional para enriquecer la formación de posgrado y la metodología desarrollada y realizar un prueba piloto en una ciudad de España.

Pasos y actividades a seguir para realizar el objetivo 4:

1. Aplicar la metodología desarrollada previamente y realizar las mediciones correspondientes en los puntos de interés dentro de la zona de estudio con apoyo de herramientas digitales y trabajo de campo.

Pasos y actividades a seguir para realizar el objetivo 5:

1. Una vez teniendo los resultados de la mediciones, aplicar los modelos matemáticos correspondientes para determinar la medida de eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.
2. Con base en las consideraciones teóricas y conceptuales previas al desarrollo metodológico y los resultados encontrados; discutir los principales hallazgos, formular conclusiones y recomendaciones, así como proponer futuras líneas de investigación.

**CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL DE ESTRUCTURA
POLICÉNTRICA Y MOVILIDAD URBANA E INTERACCIÓN
MORFOLÓGICA**

Capítulo 1. Marco teórico - conceptual de estructura y movilidad urbana e interacción morfológica

Éste capítulo presenta las perspectivas teóricas y conceptuales que guían la presente investigación, teniendo en cuenta el enfoque del problema de movilidad urbana de la Zona Metropolitana de Toluca respecto a cómo es la eficiencia de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial; aun cuando existen otras variables en la movilidad urbana como lo son la seguridad pública, el crecimiento económico y el cuidado ambiental.

El capítulo se estructura en sus primeras dos partes, presentando al policentrismo dentro de la estructura urbana como condicionante de análisis metropolitano, posteriormente se introduce el concepto de movilidad urbana y se desglosan algunos de sus elementos para posteriormente ser considerados en los capítulos subsecuentes.

En una tercera parte, se define a los entornos de movilidad peatonal, los cuales serán el foco de análisis metodológico posterior, en un marco de espacio urbano principalmente diseñado para satisfacer las condiciones de movilidad a través de los medios motorizados de transporte. Finalmente, se desarrolla de forma conceptual la idea de eficiencia en torno a la cual gira la metodología desarrollada en el segundo capítulo.

1.1. Estructura urbana policéntrica

Acerca de los estudios generales de la ciudad, primeramente es necesario mencionar a Guedess (2009), quien escribe que la ciudad debe ser vista y vivida desde el lugar de cada quien. Cada persona experimenta la ciudad de distinta manera en un marco de interconexión total entre todos los habitantes de ella.

Al ver a la ciudad desde el punto de vista económico se tiene según Graizbord (2008), que su estructura espacial es el resultado de las decisiones de productores y consumidores, los cuales la han ido determinando a través de la incesante búsqueda de mejorar su ubicación en el mercado, el cual incluye suelo, vivienda y empleo.

En la diversidad de productores y consumidores, tanto de bienes como de servicios, todos están relacionados entre sí, todos comparten un espacio en común y aunque la relación no sea directa, De Matos (2008) menciona que todos interaccionan entre sí y cada uno es relevante para los otros en mayores o menores proporciones.

En este sentido, de acuerdo con Camagni (2005), toda actividad localizada sobre el espacio físico, desarrolla con su entorno relaciones bidireccionales complejas. Por un lado, en el entorno de la actividad, son generadas fuerzas de atracción, irradiación, repulsión, cooperación, entre otras; las cuales permiten la existencia de la actividad y por otro lado, debido a la actividad el entorno se modifica, generando relaciones comerciales y de servicios, movimientos de factores de producción y de personal, etcétera.

Abundando en la perspectiva económica de la ciudad, Camagni (2005) dice que existe un modelo que representa éste conjunto de vínculos bidireccionales entre las actividades y el entorno, el cual es el modelo gravitatorio, basado en la ley de la gravitación universal de Newton. Dicha ley, se le reconfigura, según sea el caso, sustituyendo la masa de los objetos con número de habitantes de una ciudad y la constante de gravitación universal con una constante de proporcionalidad derivada de estimaciones econométricas, de acuerdo con la *Tabla 1.1-1*.

De ésta manera, según Camagni (2005), la zona de influencia de una población es proporcional al número de habitantes que contiene y se ve influenciada por la distancia con otra población y los factores de atracción.

En los fenómenos territoriales, de acuerdo con Camagni (2005), si se consideran dos ciudades representadas por las letras “a” y “b”; y una intensidad de interacción representada por la letra “T”, la intensidad de interacción entre la ciudad “a” y la ciudad “b”; es decir “ T_{a-b} ”, es diferente de la intensidad de interacción “ T_{b-a} ”, debido a la variabilidad de la constante de proporcionalidad entre las ciudades, debido al punto de vista que se tome al evaluar las estimaciones econométricas consideradas; esta condición impide la conmutatividad en la ecuación.

Tabla 1.1-1 Modelo gravitatorio

Ecuación		Variable / Nombre	
(0)	$T_{ab} = \frac{K (M_a M_b)}{\delta_{ab}^2}$	T_{ab}	Intensidad de interacción
		K	Constante de proporcionalidad
		M_a	Masa del objeto “a”
		M_b	Masa del objeto “b”
		δ_{ab}^2	Distancia entre objetos elevada al cuadrado

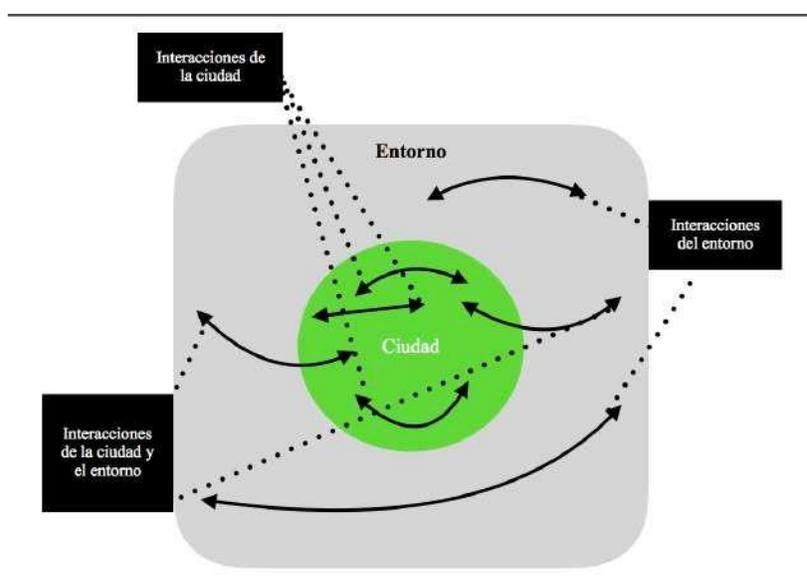
Fuente: Camagni (2005).

De lo anterior, siguiendo con Camagni (2005), se desprende el concepto de potencial económico espacial o accesibilidad generalizada, el cual expresa económicamente las características de un punto geográfico ubicado entre diversas masas con las que tiene interacciones bidireccionales.

Para ilustrar la idea de interacciones bidireccionales, se tiene la *Figura 1.1-1*; donde se presentan 3 tipos de interacciones con flechas bidireccionales, basadas en los descrito por De Matos (2008) y Camagni (2005); las primeras son las interacciones que se dan dentro de la ciudad, las segundas son las que se dan en el entorno de la ciudad y las terceras son las que se dan entre la ciudad y el entorno.

Actualmente al tratar de diferenciar entre la ciudad su el entorno; los límites suelen ser de gran amplitud y poco específicos, por ejemplo, Brenner (2013), resalta la continuidad casi indefinida de las ciudades, donde el entorno y lo llamado ciudad ahora es difuso. Además, considerando los aspectos económicos inherentes a que la ciudad es vista como la base territorial para la acción colectiva, dice que los gobiernos a nivel mundial están generando políticas, convenios y facilidades para expandir las ciudades o crear nuevas, debido a que las ciudades son vistas como negocios de alta rentabilidad.

Figura 1.1-1. Interacciones



Fuente: elaboración propia con base en De Matos (2008).

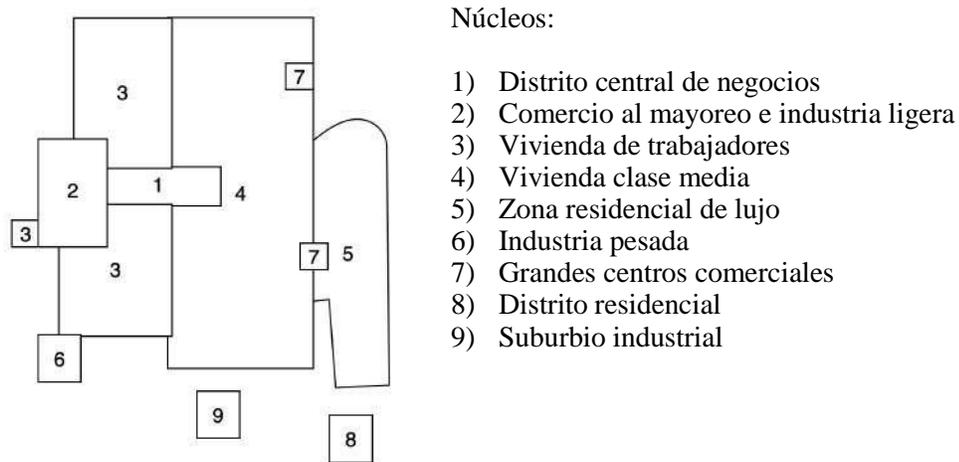
En la *Figura 1.1-1*, se observa que dentro de la ciudad existen flechas bidireccionales llamadas “interacciones de la ciudad”; cuando estas interacciones presentan intensidades sobresalientes del resto en ciertos puntos determinados; de acuerdo con García (2007) se está ante la presencia de un fenómeno llamado Policentrismo.

En este sentido, de acuerdo con Ruiz y Marmolejo (2008), los centros de actividad adicionales al centro principal en una ciudad son llamados “subcentros” y se

caracterizan por estar localizados en un área dispersa de la ciudad y concentrar una gran cantidad de actividad que articula el territorio y principalmente genera viajes hacia el.

Al respecto, Graizbord (2008) describe el modelo de Harris y Ullman de 1945 nombrado “modelo de núcleos múltiples” mostrado en la *Figura 1.1-2*, el cual se aparta de los modelos anteriores de Burgess y posteriormente de Hoyt, llamados monocéntricos (por mantener una estructura urbana de un núcleo central) y adopta una idea de ciudad donde existe un conjunto de núcleos articulados entre sí, los cuales presentan ubicaciones espaciales variables en función de las condiciones del lugar y las actividades desarrolladas en el, sosteniendo la tesis de que las ciudades no crecen a partir de un único punto, sino en función de articulaciones sucesivas de núcleos de actividad.

Figura 1.1-2 Modelo de núcleos múltiples de Harris y Ullman



Fuente: tomado de Graizbord (2008).

La *Figura 1.1-2* presenta 9 diferentes emplazamientos urbanos que ocupan un territorio determinado sin alguna aparente regularidad (a diferencia de los modelos de Burgess y Hoyt), en cuanto a la composición general de la ciudad sino sólo en la adyacencia particular de cada actividad que conforma concentraciones dispersas e irregulares.

El modelo de Harris y Ullman genera una idea de ciudad que crece alrededor de núcleos relacionados entre sí y no a partir de un único núcleo, por su parte, acerca del policentrismo Truffello e Hidalgo (2015) mencionan que se debe a la evolución de las áreas urbanas; ligada principalmente con el crecimiento poblacional (por distintos factores además del crecimiento natural), la desconcentración de las actividades económicas y el uso de nuevas tecnologías de la información; por su parte Ciccolella y Vecslir (2012), hablan de la relevancia que tienen en la conformación de policentralidades, las redes ferroviarias y ejes carreteros del país; por ejemplo mencionan centralidades complejas, donde hay grandes supermercados y zonas de alta accesibilidad que generan importantes beneficios económicos locales y regionales.

De esta manera en términos simples el policentrismo es un proceso por el cual la ciudad contiene más de un centro de actividades. El estudio de tales actividades, de acuerdo con Truffello e Hidalgo (2015) sigue distintas líneas de investigación, la cuales incluyen perspectivas teóricas como el modelo de la “Renta - Oferta” o del “Lugar Central” y diferentes variables o métodos, como densidad de población, densidad de empleo, precios de suelo, localización (de equipamientos, bienes o servicios) y volúmenes o densidades de movilidad; la mayoría de estas líneas de investigación surgen del planteamiento general que desde la perspectiva económica se tiene acerca de la estructura urbana de una ciudad, la cual de acuerdo con Domínguez (2017), está dada por los efectos de 4 mercados: 1) transporte, 2) servicios públicos, 3) vivienda y 4) trabajo / empleo.

De acuerdo con Talavera (2003), luego de la articulación funcional y económica de distintas poblaciones como resultado de la expansión del núcleo central de actividades a través de la evolución en los sistemas de transporte y comunicaciones en general, se da la metropolización de una ciudad.

En este sentido, la consideración del policentrismo como visión de estudio de la estructura urbana metropolitana, de acuerdo con Rojas et al (2009), obedece a indagar en los aspectos básicos de la definición de un área metropolitana, la cual en términos simples es la conformación funcional de un centro con diversos núcleos relacionados entre sí.

Para fines de la presente investigación, siguiendo a la economía urbana, se considerará de forma principal uno de los cuatro mercados que delinear la estructura urbana de la ciudad: el mercado de *Trabajo / empleo*, para realizar en la Zona Metropolitana de Toluca los estudios pertinentes que ayuden a encontrar una forma de medir la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.

1.2. Movilidad urbana

La estructura espacial urbana de la ciudad y los espacios sociales y urbanos se crean a partir del cruce de movimientos y de la interacción entre distintos entes en un mismo espacio y tiempo (Vivas y Ribera, 2007); estos movimientos e interacciones surgen principalmente de la desvinculación entre el lugar de residencia y el lugar de realización de otras actividades como el trabajo, la recreación y la búsqueda de satisfacer las necesidades humanas en general fuera de la vivienda, lo que implica trasladarse de un espacio físico de la ciudad a otro (Romo, 2018).

En este sentido, Zárate (2012) aporta que los espacios residencial, comercial e industrial; están definidos y crecen en términos de la conectividad que tiene el área donde se asientan las personas y las relaciones que ahí se crean.

Ahora bien, considerando el surgimiento de los propios viajes en las ciudades, utilizando el concepto de potencial económico espacial, siguiendo a Camagni (2005) se permite dentro de la ciudad: 1) explicar una decisión localizativa, 2) explicar un

conjunto de flujos (movilidad, transporte, contactos) y 3) explicar el valor (económico y social) para dicha localización.

De manera que la oferta de movilidad y de transporte surge, de acuerdo con Camagni (2005) de los siguientes 4 factores: 1) generación de viajes, 2) distribución de viajes, 3) elección del medio de transporte y 4) determinación de la red.

La oferta de transporte y movilidad guardan una relación directa con los puntos de atracción y de generación de viajes; es decir, con los lugares de residencia y de actividad económica. Después vienen los análisis de los costos de transporte; los cuales son muy variados, dependiendo del tipo de terreno, el área geográfica, el clima y la distancia.

En este sentido, en una ciudad resulta necesario resolver la interacción y su correspondiente movilidad; al respecto, Dávila (2012) y Hernández (2012), dicen que una ciudad es exitosa en materia de movilidad y desarrollo urbano, en la medida en que sus habitantes tienen acceso seguro a la infraestructura misma de la ciudad. A este planteamiento sólo habría que agregar que ese acceso seguro debe realizarse en los mejores términos ambientales posibles y bajo condiciones que generen crecimiento económico.

Por su parte, Garrocho (2013:2) señala que: *“la mayoría de los problemas asociados a la urbanización acelerada no se derivan del crecimiento en sí, sino de la incapacidad de las instituciones locales, regionales y nacionales para enfrentar los retos del rápido crecimiento de las ciudades”*, lo anterior se relaciona con la temática de estudio en el sentido de que en términos de infraestructura peatonal, se experimentan carencias en la ciudad y las soluciones que se han propuesto, no resuelven de manera adecuada la situación presente.

La resolución del fenómeno físico de pasar de un punto a otro en el territorio se complementa con el concepto del derecho a la ciudad, al respecto del cual Brenner (2013) menciona que la ciudad es el espacio de lo común, de la reproducción social y está en constante conflicto, no por ser un escenario de flujos, sino por ser un bien común de toda la población y no de unos cuantos.

Lo anterior sienta las bases para la observación de Ferrer y Vélez (2016), quienes tratan la movilidad urbana desde un enfoque multidisciplinario y la definen como un derecho de los ciudadanos de realizar sus desplazamientos en un marco de seguridad, eficiencia económica y responsabilidad medioambiental; sin importar su edad, sexo, posición socioeconómica, zona geográfica, etc; ejerciendo así la igualdad ciudadana. La *Figura 1.2-1* ilustra las presentes ideas, se destacan 4 variables principales, que son: igualdad social, seguridad pública, cuidado ambiental y crecimiento económico, mismas que están unidas unas con otras a través de las variables intermedias: seguridad cotidiana, salud pública, desarrollo sustentable y desarrollo social; finalmente, en el centro está la movilidad urbana, como resultado de la interacción entre todas éstas variables.

Figura 1.2-1. Esquema de Movilidad Urbana



Fuente: Tomado de Ferrer y Vélez (2016).

Ferrer y Vélez (2016) mencionan a respecto de la seguridad que debe ser una seguridad cotidiana, debe estar incluida en la seguridad vial, integridad y protección a la salud; sobre la eficiencia, dicen que la movilidad debe realizarse con el menor costo para el Estado, la sociedad y los usuarios, para contribuir al crecimiento económico; y sobre la responsabilidad ambiental, se deben disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Algunos de los elementos principales de la movilidad urbana son los peatones, los automovilistas, el cuidado ambiental y el crecimiento económico, a continuación se describen.

1.2.1. Peatones

De acuerdo con Cal y Mayor y Cárdenas (2017), desde la perspectiva de la ingeniería de tránsito, los peatones son los seres humanos que generalmente utilizan el medio más elemental de transporte para ir de un lugar a otro: caminar. Los peatones con capacidades diferentes que se valen de otros medios básicos para transportarse deben ser considerados de forma especial dadas las necesidades de accesibilidad que deben cumplir la infraestructura para que ejerzan su movilidad.

Considerando el espacio físico de la ciudad donde interactúan peatones y automovilistas, Valenzuela y Talavera (2015) mencionan que ésta interacción es llevada al límite y los peatones resultan, muchas veces, muy afectados. Un posicionamiento similar tienen Garber y Hoel (2006) ya que señalan que cuando el sistema de transporte falla, el peatón es el más afectado, por su parte Cal y Mayor y Cárdenas (2017) dicen que dentro de la jerarquía de medios para movilizarse, el peatón es el más importante y a la vez el más vulnerable.

Campuzano y Rodríguez (2010), así como Ebel, Quitsberg y Miranda (2010), tratan la idea de que los peatones, en su uso habitual de los caminos, experimentan riesgo de ser

víctimas de un accidente de tránsito debido a colisiones con automóviles, donde las variables causales son diversas destacando el espacio peatonal como elemento presente en las condiciones de diseño menos consideradas.

En el marco de un espacio peatonal urbano deficiente, pero necesario y reclamado por los peatones, sobresalen dos elementos; por un lado los reductores fijos de velocidad llamados coloquialmente “topes” y los puentes peatonales; siendo en el primer caso un dispositivo de control de tránsito “barato” y en el segundo una infraestructura que cambia el plano de desplazamiento para los peatones en razón de no interferir con el plano de desplazamiento de los vehículos. La razón de que sobresalgan es debido al extremo al que van cada uno en cuanto a la interacción entre peatones y automovilistas, el cual se explica en los siguientes párrafos.

La Secretaría de Comunicaciones del Estado de México (2008) presenta a los reductores fijos de velocidad (topes), como dispositivos de control de tránsito que se construyen sobresaliendo del pavimento a todo lo ancho de la calzada y mejoran las condiciones de seguridad, tanto de los peatones como de los automovilistas, al disminuir la velocidad de los automóviles en puntos de conflicto (o de interacción).

La distribución de los reductores de velocidad en el territorio de interés ha ido en aumento, sin contar con cifras oficiales, según entrevista realizada al Ing. Alejandro Sánchez en el año 2015, Jefe del Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Junta de Caminos del Estado de México y la justificación técnica de la norma que regula la construcción de “topes” en las carreteras de jurisdicción Estatal (NORTEC- SECOM-01-2007, *Norma técnica que establece las especificaciones para limitar la construcción e instalación de reductores de velocidad sobre la infraestructura carretera y vial primaria de jurisdicción Estatal*, los reductores de velocidad han estado siendo contruidos de forma indiscriminada y descontrolada por la población en general, principalmente en las colonias circundantes a la Ciudad de Toluca. Las personas los

construyen con dimensiones arbitrarias, sin señalamiento ni horizontal ni vertical y de materiales diversos, principalmente concreto hidráulico. Según el Ing. Alejandro Sánchez, la normativa aplicable a los reductores de velocidad sólo es útil para la gestión oficial de dichos dispositivos de control de tránsito, pero dada la problemática social general, aún cuando existen sanciones para quienes afecten las vialidades en la práctica resulta imposible ejercer las sanciones correspondientes a los infractores.

Al respecto del espacio peatonal y su uso, existe la percepción general de que las personas no suelen utilizar las banquetas para caminar por razones diversas, entre las que destacan: suciedad, poco espacio y costumbre; además de que de acuerdo con Wright y Paquette (1999), mientras que el diseño de las banquetas debería obedecer a consideraciones de locomoción en 2 zonas; la espacial y la sensorial, la evidencia empírica apunta a que dicha consideración de diseño no se respeta puesto que de acuerdo con Alvarado (2015), el ancho medio de las banquetas es aproximadamente de un [m] y con esa medida no se se cumplen dichas consideraciones de diseño; desafortunadamente, las normativas actuales y manuales de diseño dejan a libre consideración de los municipios y sus equipos de diseño las dimensiones de los espacios peatonales. En este sentido, los reductores de velocidad están en un extremo de lado del reclamo de espacio peatonal seguro que demandan los peatones, construyendo dispositivos de control de tránsito de forma indiscriminada por las calles de la zona de estudio.

Concentrando la atención en los peatones y el uso que le dan a la infraestructura vial, su comportamiento general es muy variado; por ejemplo existe un estudio curioso acerca de los accidentes de tránsito en el cual Zárate, Villota, Echeverry y Mera (2005), realizaron un estudio en una zona de alta accidentalidad en Cali, Colombia, el cual concluyó que la mayoría de personas encuestadas acerca de la culpabilidad en un accidente de tránsito coincidieron en que el culpable era el peatón.

El otro extremo de interacción entre los peatones y los automovilistas lo tienen los puentes peatonales, los cuales cambian el plano de desplazamiento de los peatones y mantienen intacto el plano de los automovilistas, al respecto, existen diversas problemáticas ligadas al desuso de dicha infraestructura que a continuación se presentan.

Franco et al (2010), realizaron un estudio acerca de las razones por las que las personas usan y no usan los puentes peatonales en la Ciudad de México, sus resultados sugieren que la principal razón de no usarlos es la flojera (30.7%), seguida muy de cerca por tener la opción de cruzar por la calle (25.7%) y en tercer lugar, por temor a ser asaltados o violentados de alguna manera (24.8%). Por otro lado, las personas que son usuarias de puentes peatonales, principalmente los usan por que son una manera segura de cruzar la calle (80.2%) y porque no hay otra forma de cruzar (15.8%). El 72.7% de los entrevistados que usan los puentes peatonales dijo usarlos generalmente y específicamente 80% de éstos últimos dijo usarlos siempre.

Zárate, Villota, Echeverry y Mera (2005), presentan datos en los que dicen que la principal razón por la que las personas de diferentes edades no usan los puentes peatonales es la pereza, seguido de la prisa. Se distingue que el grupo de personas (por edad) que más utiliza la infraestructura vial (Semáforos, cruces peatonales y puentes peatonales) es el de 59 años o más.

Con respecto a no utilizar los puentes peatonales por sentir miedo a ser vulnerados en sus bienes o integridad, Casas (2014) y Castoriadis (1999), tratan el tema, citando a Aristóteles y la percepción del miedo, en la que atinadamente se enuncia que es posible que se trate de personas imaginarias del miedo, cuyas acciones no garantizan salvaguardar su integridad.

Para el caso de Toluca, por ejemplo, en un punto de presumible “alta tasa de asaltos” a estudiantes de Ciudad Universitaria (Esquina de paseo Tollocan y Paseo Universidad); la

Universidad Autónoma del Estado de México, tomó las medidas necesarias para disponer de elementos de seguridad que patrullaran la zona, a la par de las autoridades municipales, que hicieron lo propio, delegando una patrulla al lugar; aún con éstas medidas, se ha observado que los estudiantes cruzan sin utilizar el puente peatonal. Esto sucede en muchas otras zonas de la ciudad, pero también las acciones de vigilancia son poco constantes y en general son sólo para ostentar una respuesta ante las críticas en los medios de información. La *Figura 1.2.1-1* ilustra la presencia de policías en la intersección de Paseo Tollocan y Paseo Universidad.

Ahondando en las razones que intervienen al tomar la decisión de usar o no un puente peatonal, Marquez (2015), ha estudiado la forma en que interviene el tráfico, el tiempo adicional que podrían invertir los peatones al cruzar y las condiciones físicas del puente; es decir, su aspecto en términos de diseño y conservación. Adicional a esto, al estar en servicio, los puentes peatonales presentan vibraciones que pueden resultar molestas para los usuarios, como lo señalan Gómez, Thomson y Anderson (2013), de ésta manera, la lista de razones de falta de uso de la infraestructura crece, pero con paso poco firme.

Figura 2.2.1-1 Presencia de policías en la esquina de Paseo Tollocan y Paseo Universidad, en Toluca, Estado de México



Fuente: elaboración propia con imágenes de Google (2017).

Son datos contrastantes, que pueden dimensionar la realidad que viven los peatones en el día a día ciudadano, por un lado Campuzano y Rodríguez (2010) indica que los puentes no son una buena forma de resolver el problema de la interacción entre automovilistas y peatones y por el otro lado, están las cifras proporcionadas por otros estudios en las que la pereza y la prisa son elementos fundamentales en la falta de uso de la infraestructura peatonal al momento de cruzar las avenidas. También hay que resaltar el hecho de que debe considerar la situación de las personas de la 3ª edad, así como aquellos que tienen capacidades diferentes; aunque son una minoría poblacional.

Sin lugar a dudas los cambios en la ciudad, por ejemplo las exigencias laborales o las búsquedas de satisfactores cada vez más especializados o de simple recreación, han impulsado el crecimiento de vías rápidas, las cuales han favorecido a las personas con automóvil y no a las personas que son peatones.

1.2.2. Automovilistas

En el contexto de un tránsito urbano o extraurbano “vehículo - peatonal”, de acuerdo con Ulloa (2011), por el lado del vehículo existen 2 tipos de personas, los pasajeros o los conductores; siendo los pasajeros aquellos sujetos que no manipulan los controles del automóvil y los conductores aquellos que sí lo hacen; del lado peatonal sólo existen los peatones como aquellos sujetos que se mueven básicamente caminando; en este sentido, existirían 3 personas; pero para evitar malos entendidos, es factible decir que las dos personas del lado del vehículo se agrupan en “ocupantes automovilísticos” o simplemente “automovilistas”.

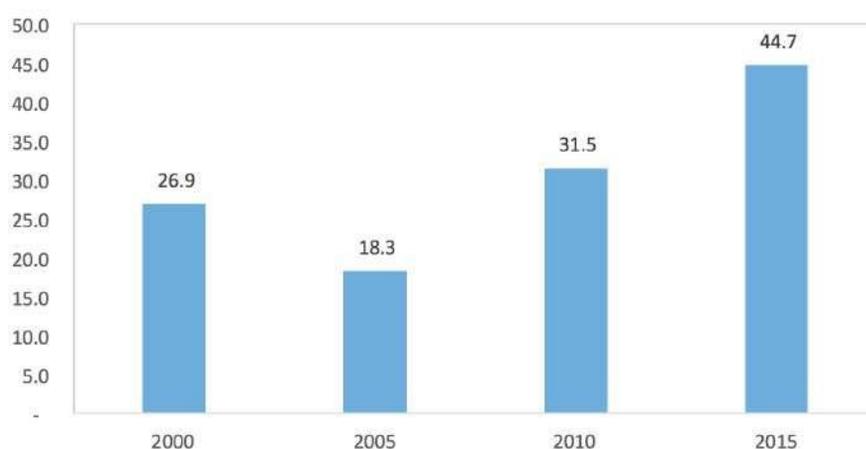
Es sencillo identificar en la vida cotidiana un evidente aumento en el parque vehicular, lo cual ha formado parte también de las reflexiones de investigadores muy destacados; por ejemplo, Graizbord (2008), Ferrer y Vélez (2016) y Schteingart e Ibarra (2016); señalan que bajo las condiciones de crecimiento acelerado del parque vehicular en

México y sus ciudades, las variables principales de movilidad urbana han tenido un comportamiento en el cual destacan la seguridad pública y el cuidado ambiental como aquellas en las que se han identificado problemáticas mayores para la sociedad.

Durante los últimos años, de acuerdo con los registros del INEGI (2017), el número de autos ha aumentado de manera considerable. Con el número de autos y la población se ha estimado el índice de motorización. Esta es la mejor manera de medir el impacto vehicular en una ciudad.

El índice de motorización, para el municipio de Toluca, ha crecido de manera acelerada, pasando de 26.9 vehículos por cada 100 habitantes en el año 2000 a 44.7 en el año 2015; ésta situación implica, tomar medidas para optimizar el uso de los vehículos y mejorar las vías de comunicación, reducir el uso del automóvil particular y motivar la movilidad mejorando los sistemas públicos de transporte o generar algunas otras alternativas de movilidad de bienes y personas. La *Figura 1.2.2-1* ilustra el crecimiento que ha tenido el índice de motorización para el municipio de Toluca en los últimos años.

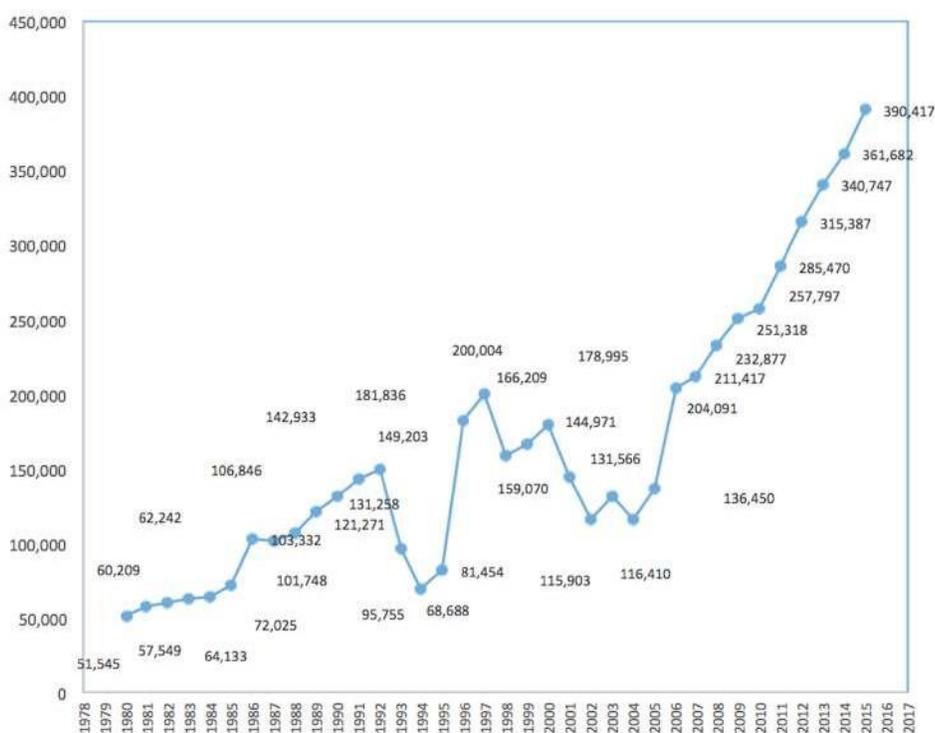
Figura 1.2.2-1 Índice de motorización para el municipio de Toluca por cada 100 habitantes



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2017).

Para el caso del municipio de Toluca, el número de vehículos registrados en circulación va a la alza, tal como se presenta en la *Figura 1.2-2*, construida con datos del INEGI (2017); situación que sienta las bases para decidir contribuir en la mejora de las condiciones de movilidad en la Zona Metropolitana de Toluca.

Figura 1.2.2-2. Vehículos de motor registrados en circulación (por año) en el municipio de Toluca

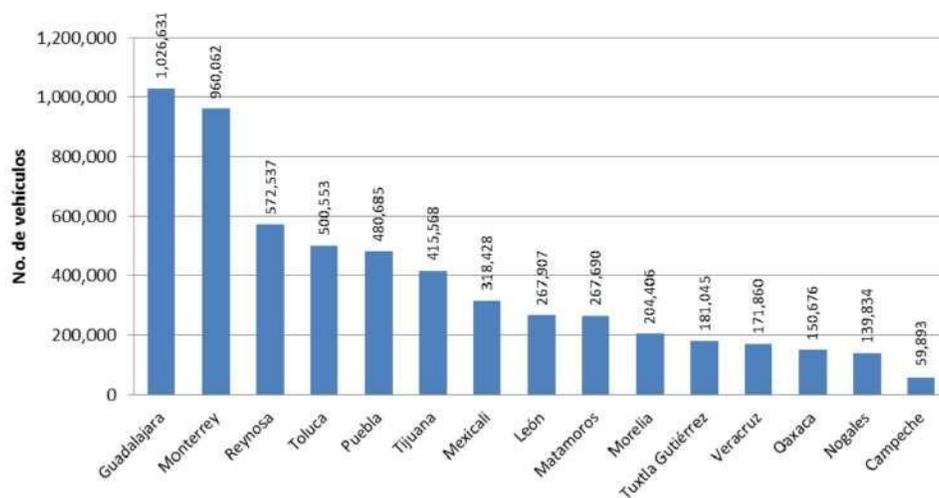


Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2017).

Cabe resaltar que los vehículos registrados en circulación para el municipio de Toluca, no necesariamente representan al número de vehículos que circulan por la zona metropolitana de estudio, considerando lo anterior y con fines de tener una aproximación al número de vehículos que circulan en la ciudad de Toluca, la *“Figura 1.2.2-3”*, tomada de Instituto Nacional de Ecología y CTS México (2011:19) representa la cifra de

vehículos que a diario transitan por la ciudad, que es de 500 553 vehículos, dicho número, según información de la misma publicación, se estimó por medio de entrevistas y conteos directos de automóviles en campo.

Figura 2.2.2-3. Número de vehículos en circulación para distintas ciudades



Instituto Nacional de Ecología y CTS México (2011:19)

Cabe resaltar que si para 2011 los vehículos registrado en circulación eran de 285 470 y los que realmente circulaban rondaban los 500 000; entonces la Ciudad de Toluca cuenta con un parque vehicular de población flotante relativamente alto (43% del total), ya que según el Instituto Nacional de Ecología y CTS México (2011), las diferencias entre los vehículos registrados en circulación y los que realmente circulan en algún territorio dado, se deben a factores que no sólo incluyen las rutas o destinos por los que se viaja en la República Mexicana, sino también a la decisión de los propietarios de vehículos de matricular los automotores en estados de la República Mexicana con ventajas fiscales; por ejemplo está el caso de la relación entre el Estado de Guerrero y el Estado de México, donde los impuestos vehiculares son más bajos en el primero con relación al segundo y por ello algunos automovilistas optan por matricular sus vehículos ahí; inclusive existe un mercado informal de gestoría de otros trámites, como licencia de conducir.

1.2.3 Cuidado ambiental

Principalmente al considerar el cuidado ambiental en la movilidad urbana, de acuerdo con Schteingart, e Ibarra (2016), se habla de emisiones que contaminan la atmósfera y el elemento más estigmatizado con respecto a la contaminación es el vehículo automotor; por citar una cifra, de acuerdo con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Gobierno de la República, 2013: 26), alrededor del 80% de los contaminantes atmosféricos que se generan en el país provienen de los automóviles.

En la Ciudad de México, por ejemplo, se ha investigado mucho y se han discutido e implementado medidas como las “contingencias ambientales”, las cuales no solo limitan el uso de vehículo, sino inclusive actividades en general al aire libre. Esto tiene impactos fundamentales en la salud de la población pero también incide en las actividades económicas de los ciudadanos e incrementa la desigualdad social; esto último debido a que solo los autos del año (al igual que los vehículos híbridos y eléctricos) quedan exentos de no circular en cualquier escenario de alta contaminación (Gobierno del Distrito Federal, 2014:8).

Los principales contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos automotores, de acuerdo con Jazcilevich et al (2015) y Schteingart, Martha e Ibarra, Valentín. (2016) son Oxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono y Partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), de los cuales para el caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México, considerando a Schteingart, Martha e Ibarra, Valentín. (2016) las fuentes móviles son las responsables de producir: 98% del Monóxido de Carbono, 78.7% de los Óxidos de Nitrógeno, 29.9% de las PM_{2.5}, 11.8 de las PM₁₀ y 5.1% del Dióxido de Azufre; principalmente.

Algunos de los efectos en la salud y los costos, debidos a las emisiones contaminantes vehiculares, fueron expuestos por el Dr. Agustín García (García: 2015), en la Segunda

Reunión ECAIM 2015, donde se expresaron los diversos padecimientos que las personas sufren y costean, como lo son enfermedades respiratorias y oculares; en el mismo evento, se habló del deterioro de los monumentos históricos, por el M. en C. José S. García Yee y el M. en C. Hugo A. Barrera Huertas (García y Barrera: 2015); ambos especialistas, presentaron los estudios que validan la pérdida de masa superficial en los monumentos históricos, debida a las partículas de las emisiones contaminantes que se fijan en las oquedades de la superficie de las construcciones, ocasionando procesos físicos y químicos que aceleran la degradación de las fachadas y otros elementos arquitectónicos de los edificios, para el caso de Puebla.

Por su parte, Schteingart, Martha e Ibarra, Valentín. (2016), dentro de los efectos de las emisiones contaminantes, mencionan que los Óxidos de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre forman la lluvia ácida, causante del deterioro del suelo, agua, plantas y materiales de construcción a la vez que también daña a los animales y a los humanos. Sobre el Monóxido de Carbono, su inhalación produce alteraciones en el proceso de oxigenación de la sangre humana y en general de cualquier animal, que pueden actuar como veneno y dependiendo de su concentración puede ser mortal. En torno a las partículas, sus diversos tamaños ocasionan en el sistema respiratorio diferentes problemas, los cuales pueden ir desde infecciones hasta padecimientos crónicos, ya que dichas partículas pueden contener asbesto, plomo, aluminio, entre otros materiales.

Para atender la problemática de la contaminación ambiental es necesario un esfuerzo multidisciplinario, donde urbanísticamente al menos debe de lograrse diseñar la ciudad para reducir el uso de los vehículos, lo que por consecuencia tendría la propia reducción de las emisiones de gases contaminantes, que a su vez mejoraría la salud general de la población y las condiciones ambientales. De igual manera, urge dar más espacio para el peatón, en lugar de estigmatizarlo o hacer que se quede al final de todas las consideraciones urbanas.

1.2.4. Crecimiento económico

Garrocho (2013), indica que el crecimiento económico debe ser incluyente para la población y que por esa razón, la conectividad es clave. Sugiere que las ciudades tengan caminos que faciliten el acceso y tránsito en las mismas y que deben contar con calles que la conecten de manera ágil con las poblaciones que las circundan, para que facilite su acceso a todas las personas que realizan sus actividades en la ciudad. Menciona que:

“A diferencia de los años ochenta, ahora la pregunta no es cómo frenar la urbanización, sino cómo aprovechar las oportunidades que ofrece, y minimizar los riesgos inherentes a la conformación de grandes ciudades (por ejemplo: costos de congestión, inseguridad, segregación, contaminación, problemas de accesibilidad, por mencionar algunos.” Garrocho (2013: V)

En uno de los extremos sobresalientes en la interacción entre peatones y automovilistas, en el apartado de peatones, se mencionaron a los reductores de velocidad; al respecto de los costos económicos y ambientales debidos a dichos dispositivos de control de tránsito en la Ciudad de México y en la Ciudad de Toluca; estos han sido evaluados y medidos, tanto por Jazcilevich et al (2015) como por Alvarado (2015), dichos trabajos destacan que los efectos de las emisiones contaminantes al ambiente y a la salud, hacen crecer los motivos para concientizar a las autoridades públicas, en implementar evaluaciones objetivas en las condiciones de movilidad urbana para la toma de decisiones adecuadas.

De acuerdo con Jazcilevich et al (2015) y Alvarado (2015), un vehículo de 4 cilindros aproximadamente invierte 11.55 segundos más por cada reductor de velocidad que pasa, aunque la cifra será mayor en el caso que los vehículos se detienen totalmente para cruzar el reductor, debido al efecto de remanso vehicular que es ocasionado; además, consume aproximadamente 0.04409 litros más de combustible, debido a la aceleración del vehículo necesaria para recuperar la velocidad de marcha que tenía antes de pasar

por el tope. Por lo anterior, harían falta alrededor de 23 topes para consumir un litro más de gasolina y en una zona urbana donde la densidad media de reductores de velocidad se estima en un reductor cada 250 [m], se propicia mayor consumo de combustible que a su vez incrementa las emisiones contaminantes.

En el contexto internacional y considerando aspectos económicos en torno a la movilidad urbana, Marquet y Miralles-Guasch (2017) desarrollan un estudio sobre la movilidad en la región metropolitana de Barcelona (RMB) formada por 164 municipios y 5 023 635 habitantes; distinguiendo cuatro zonas y básicamente dos anillos concéntricos a partir del municipio de Barcelona. De manera esquemática, el primer anillo formado por el área central es Barcelona y su periferia inmediata y el segundo anillo es el conjunto de las 7 ciudades medias periféricas de Barcelona.

Los datos para analizar la evolución de los patrones de movilidad provienen de la Encuesta de Mobilitat En dia Feiner (EMEF) de los años 2004, 2007, 2010 y 2012, cuyos resultados los dividen en 5 áreas de funcionamiento metropolitano -Barcelona, AMB, RMB disperso, RMB urbano y total de RMB y el cambio se observa en el periodo de 2004 – 2007 sin crisis económica generalizada y el periodo de 2007 – 2012 con crisis económica generalizada.

Los resultados abundan en varios aspectos, aquí se destaca que durante el periodo de crisis generalizada (2007 - 2012), se presentó la baja en el transporte por medio de vehículos privados y el aumento de transporte en vehículos no motorizados en la zona central de Barcelona, como evidencia contundente, a su vez muestra la resiliencia urbana en términos de adaptar las dinámicas de gasto en movilidad y por parte de la ciudad la oferta de opciones de transporte para realizar las tareas cotidianas.

Mientras que, en la Zona Metropolitana de Toluca al respecto del reparto modal de la movilidad de es como sigue: 59% autobús, 17% automóvil propio, 11% taxi colectivo,

5% caminar, 3% taxi exclusivo, 2% bicicleta, 2% combi, 0,5% moto-taxi, 0,4% motocicleta y 0,1% bici-taxi; en total, sólo el 7% de los viajes se realizan por medios no motorizados (Centro Mario Molina, 2014).

En contraste, en la RMB urbano de Barcelona, los medios de transporte no motorizados rondan más allá del 40%; inclusive, en el RMB disperso se ha pasado del 35% en el año 2004 a cerca del 50% en el año 2012 (Marquet y Miralles-Guasch, 2017).

Tal como mencionan Marquet y Miralles-Guasch (2017), es necesario trabajar en términos urbanísticos para incrementar la oferta de opciones de movilidad, de tal manera que se aleje a la población de la situación vulnerable en la que se encuentra [en el caso de la ZMT], ya que la base de la movilidad está sólo en los medios motorizados. Asimismo, en lo que concierne al potencial resiliente de la movilidad urbana en la ZMT, se puede considerar que debido a que más del 90% de la movilidad urbana se realiza por medios motorizados, se encuentra en una condición de baja resiliencia e inclusive vulnerable ante alguna alteración económica.

En conclusión, por un lado en lo que concierne al potencial resiliente en términos de movilidad urbana en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), se puede considerar que debido a que más del 90% de la movilidad urbana se realiza por medios motorizados, la ZMT se encuentra en una condición poco resiliente e inclusive vulnerable ante alguna alteración económica.

Por otro lado, en lo económico la demanda activa de espacio peatonal por parte de la población “de a pie” produce efectos negativos directos en la economía de los automovilistas y en la calidad del aire que respiramos; es por ello que urge tomar medidas para atender la demanda de espacio peatonal y mejorar las condiciones de movilidad, tanto en lo general del reparto modal como en lo particular de las opciones urbanas bajo las que se mueven los peatones.

1.3. Infraestructura y entornos de movilidad peatonal

Hiller (1998) menciona que la configuración espacial de la ciudad y su red viaria son los generadores de los flujos peatonales y vehiculares; en ese espacio físico es donde surgen los entornos de movilidad peatonal como aquellas ubicaciones donde predominan los desplazamientos a pie (Borst et al, 2009).

De acuerdo con Valenzuela y Talavera (2015), el entorno urbano en general es un condicionante que potencia o limita los desplazamientos a pie de los peatones y dado que cumplen un rol doble en la ciudad (habitantes y usuarios del transporte más básico), resulta factible considerarlos como protagonistas en la dinámica diaria urbana.

Valenzuela y Talavera (2015) realizan una clasificación de los enfoques y dimensiones con las que se ha mirado al peatón en un total de 55 estudios científicos de movilidad urbana de los últimos años (1996 a 2015); dicha clasificación está formada por 3 grupos: planteamiento - transporte, peatón - entorno y mixto; el primer grupo contiene las perspectivas de transporte o geografía, el segundo grupo las que tienen que ver con arquitectura, medicina y psicología y el tercer grupo alguna combinación de las anteriores. Cada grupo contiene al menos una de tres dimensiones de análisis, que son morfológica, funcional y ambiental.

La dimensión morfológica contiene los aspectos físicos del diseño del espacio peatonal en cuanto a dimensiones e integración material en la trama urbana, formando la base espacial de movilidad, por su parte la dimensión funcional considera los factores que describen el comportamiento de los usuarios en cuanto su número, así como las condiciones urbanas que generan movimientos peatonales y los ordenan, como lo son tipos de edificios o servicios, formando la base de la movilidad. La dimensión ambiental se refiere a la esfera de fondo siempre presente en las dos anteriores, la cual interviene o

no en los aspectos físicos o de movilidad pero sí en lo sensorial de los usuarios de infraestructura; considera lo natural y lo construido.

En los subapartados siguientes se desarrollan los factores de cada una de las dimensiones, conforme a la revisión bibliográfica presentada por Valenzuela y Talavera (2015), porque es pertinente para la presente investigación, ya que aporta un panorama científico basado en Journal Citation Report (JCR) y Scimago Journal and Country Rank (SJR).

1.3.1. Dimensión morfológica

La dimensión morfológica de la movilidad urbana peatonal, está formada por siguientes los factores presentados en la *Tabla 1.3.1-1*.

Tabla 1.3.1-1 Factores morfológicos

Acera mantenimiento	Borde separación	Estructura	Intersecciones diseño
Acera anchura	Calle anchura	Integración	Pendiente
Acera continuidad	Conectividad	Inteligibilidad	Sinuosidad ruta
Acera tipología	Distancia total ruta	Intersecciones distancia	Visibilidad

Fuente: elaboración propia con base en Valenzuela y Talavera (2015).

El comportamiento de los factores morfológicos presentan 16 (32%) puntos de análisis de un total de 50. La presencia de dichos factores en los estudios científicos sobre movilidad urbana, se reparte entre los diversos enfoques de forma muy variada; por ejemplo, el factor acera mantenimiento se encuentra presente en el 50% de los estudios del enfoque peatón entorno, en el 37% del enfoque mixto y por último en el 7% del enfoque peatón transporte; mientras que el factor distancia total ruta se encuentra en el

78% de los estudios del enfoque peatón transporte, en el 37% del enfoque mixto y en el 11% del enfoque peatón entorno.

Realizando un análisis de *clústers* para los factores morfológicos, los que aparecieron en más del 20% de las publicaciones fueron: acera mantenimiento (32%), acera tipología (35%), acera anchura (24%), borde separación (21%) distancia total ruta (38%) e intersecciones diseño (32%).

El total de los factores que aparecieron en más del 20% de las publicaciones es de 16, de los cuales 6 pertenecen a la dimensión morfológica y si se realiza el *clúster* a una cuota de aparición de más del 30%, se reducen a siete factores, de los cuales cuatro pertenecen a la dimensión morfológica.

Al respecto de la presencia de la dimensión morfológica en los tres enfoques de movilidad peatonal, se tiene que se encuentra en primer lugar en el enfoque peatón transporte, en el segundo lugar en el enfoque peatón entorno y en el segundo lugar en el enfoque mixto.

Temporalmente, de acuerdo con Valenzuela y Talavera (2015), la dimensión morfológica en el periodo 1996 - 2000, tuvo una presencia en las referencias de alrededor del 38%, en el periodo 2001 - 2005 del 32%, en el periodo 2006 - 2010 del 35% y en el periodo 2011 - 2015 del 38%; encontrándose la mayor parte del tiempo en primer lugar respecto de las otras dimensiones; sólo rebasada en un periodo e igualada en otro por la dimensión funcional.

1.3.2. Dimensión Funcional

La dimensión funcional de la movilidad urbana peatonal, está formada por los factores presentados en la *Tabla 1.3.2-1*.

Tabla 1.3.2-1 Factores funcionales

Aparcamientos en vía	Peatones (número)	Tráfico Dispositivos	Usos del Suelo
Atracciones	Señalización	Tráfico - Gestión	Vía Tipo
Edificios - Alturas	Servicios	Tráfico - Velocidad	
Edificios - Tipo	Terrazas	Tráfico - Volúmen	
Edificios - Público	Tipo de Calle	Transporte público	

Fuente: elaboración propia con base en Valenzuela y Talavera (2015).

La tabla 1.3.2-1 presenta 17 (34%) puntos de análisis de un total de 50, entre ellos el factor “usos de suelo” es el que tiene mayor representatividad en términos de su aparición en las diversas publicaciones, encontrándose en el 67% de los estudios del enfoque peatón entorno, en el 84% del enfoque mixto y 50% del enfoque peatón transporte; mientras que el factor “atracciones” con una presencia media, se encuentra en el 22% de los estudios del enfoque peatón transporte, en el 15% del enfoque mixto y en el 0% del enfoque peatón entorno.

Realizando un análisis de *clústers* para los factores funcionales, los que aparecieron en más del 20% de las publicaciones fueron: aparcamiento en vía (21%), edificio tipo (23%), edificio público (21%), tráfico volumen (23%) y usos de suelo (65%).

El total de los factores que aparecieron en más del 20% de las publicaciones es de 16, de los cuales 5 pertenecen a la dimensión funcional y si se realiza el *clúster* a una cuota de

aparición de más del 30%, se tienen solamente 7 factores, de los cuales 1 pertenece a la dimensión funcional.

Al respecto de la presencia de la dimensión funcional en los 3 enfoques de movilidad peatonal, se tiene que se encuentra en segundo lugar en el enfoque planteamiento transporte, en el primer lugar en el enfoque planteamiento - entorno y en el primer lugar en el enfoque mixto.

Temporalmente, de acuerdo con Valenzuela y Talavera (2015), la dimensión funcional en el periodo 1996 - 2000, tuvo una presencia en las referencias de alrededor del 26%, en el periodo 2001 - 2005 del 38%, en el periodo 2006 - 2010 del 35% y en el periodo 2011 - 2015 del 35%; encontrándose en el primero, segundo o tercer lugar con respecto a las otras dimensiones.

Resulta interesante que aún cuando los factores que conforman esta dimensión no agrupen alta presencia individual (salvo el factor Usos de suelo), su aportación total refleja el hecho de permanecer en primer lugar en los enfoques peatón entorno y mixto en lo que a contenido de estudio de movilidad peatonal respecta.

1.3.3. Dimensión ambiental

La dimensión ambiental de la movilidad urbana peatonal, está formada por los factores presentados en la *Tabla 1.3.3-1*.

Tabla 1.3.3-1 Factores ambientales

Arbolado	Iluminación	Paisaje	Verde Urbano
Arte Urbano	Limpieza - mantenimienato	Refugio	Vigilancia
Confinamiento	Meteorología	Ruido	

Contaminación	Mobiliario Urbano	Sombras	
Cruces y ayudas	Obstáculos	Vallado	

Fuente: elaboración propia con base en Valenzuela y Talavera (2015).

Los factores ambientales presentan 17 (34%) puntos de análisis de un total de 50. El factor “arbolado” es el que tiene mayor representatividad, en términos de su aparición en las diversas publicaciones, encontrándose en 33% de todas la publicaciones, a la vez que en 50% de los estudios del enfoque *peatón entorno*, en el 46% del enfoque mixto y por último en el 0% del enfoque peatón transporte; mientras que el factor “contaminación” altamente representativo del enfoque, se encuentra en el 5% del total de referencias, el 0% de los estudios del enfoque peatón transporte, en el 0% del enfoque mixto y en el 16% del enfoque peatón entorno.

Realizando un análisis de *clústers* para los factores ambientales, los que aparecieron en más del 20% de las publicaciones fueron: Arbolado (33%), Cruces y ayudas (21%), Iluminación (30%), Limpieza - mantenimiento (25%) y paisajes - vistas (23%).

El total de los factores que aparecieron en más del 20% de las publicaciones es de 16, de los cuales 5 pertenecen a la dimensión ambiental y si se realiza el *clúster* a una cuota de aparición de más del 30%, se tienen solamente 7 factores, de los cuales 2 pertenecen a la dimensión ambiental.

Al respecto de la presencia de la dimensión ambiental en los 3 enfoques de movilidad peatonal, se tiene que se encuentra en tercer lugar en el enfoque planteamiento transporte, en el tercer lugar en el enfoque peatón - entorno y en el tercer lugar en el enfoque mixto.

Temporalmente, de acuerdo con Valenzuela y Talavera (2015), la dimensión ambiental en el periodo 1996 - 2000, tuvo una presencia en las referencias de alrededor del 35%,

en el periodo 2001 - 2005 del 30%, en el periodo 2006 - 2010 del 30% y en el periodo 2011 - 2015 del 26%; encontrándose en el segundo lugar en el primer periodo y en el tercer lugar en el resto del tiempo, con una caída hacia el último periodo.

Resulta intrigante cómo la dimensión ambiental se encuentra en último lugar entre las tres dimensiones de análisis, aún cuando la eficiente movilidad peatonal, de acuerdo con Schteingart (2016) está relacionada directa y proporcionalmente con las emisiones contaminantes por fuentes móviles, las cuales representan alrededor del 80% del total de sustancias nocivas para el ambiente.

Es así como el hecho de que la dimensión morfológica, a pesar de no tener el mayor número de factores presente una relevancia mayoritaria en cuanto a apariciones en trabajos de investigación con respecto a las dimensiones funcional y ambiental, la califica como la preferida por los investigadores y por la misma razón es la que será considerada como base para la metodología de esta investigación desarrollada en el siguiente capítulo.

1.4. Eficiencia de interacción morfológica

Una vez desarrolladas en términos generales las bases conceptuales de los elementos mediante los cuales se desarrollará la metodología, conviene explicar los conceptos de interacción y eficiencia bajo los cuales se desarrollarán las premisas de la metodología propuesta que guiarán la investigación.

1.4.1. Interacción

Partiendo de la idea de que la configuración espacial de la ciudad es el resultado de las relaciones económicas entre productores y consumidores (Graizbord, 2008), donde el consumidor se presenta en las unidades comerciales o de servicios para obtener cierta

utilidad o beneficio (Garrocho, 2003) y para estar físicamente en un lugar determinado; dicho consumidor se vale de un medio de transporte que le permite pasar de un punto a otro dentro del entramado urbano (Romo, 2008).

En la diversidad de productores y consumidores quienes buscan beneficios y satisfactores; en el espacio físico del entramado urbano coexisten diversas formas de pasar de un punto a otro; de entre los cuales el tránsito vehículo - peatonal resulta ser el de mayor prioridad; debido a que el vehículo se ha convertido en una herramienta tecnológica de movilidad tan arraigado a los seres humanos que las actividades cotidianas se organizan alrededor suyo; tanto la misma locomoción personal como el transporte de mercancías (Ulloa, 2011).

Dentro de la “libertad de movilidad”, de acuerdo con Ulloa (2011), una vez que las personas se identifican en alguno de los dos roles posibles, hacen uso del espacio físico, vinculándose unos con otros en el mismo espacio, con reglas definidas por legislación o por propio pensamiento de cada integrante de cada rol, formando un “Yo peatón” y un “Yo ocupante automovilista” donde surgen percepciones y actitudes encaminadas a identificarse como “planteamiento sagaz”, “conductor hábil”, “pasajero satisfecho” por medio de las relaciones de unos con otros en medio de la búsqueda de los satisfactores de cada uno de ellos en el entramado urbano.

En términos de la identidad de cada persona involucrada en el tránsito vehículo - peatonal, se dan ciertas conductas, tales como los “falsos adelantamientos”, donde entre “ocupantes automovilistas” mediante el uso de la velocidad de su vehículo se encuentra cierta satisfacción al aplicar una “ley propia” del “más veloz”, donde quien más velocidad alcanza es más dueño de la libre movilidad (Ulloa, 2011).

En este sentido, la interacción entre peatones y automovilistas está dada por la coexistencia en tiempo y espacio (al menos cercanos entre sí), sobre un entramado

urbano, de ambos en la búsqueda de satisfacer sus necesidades, creando identidades y leyes en torno al significante de la “libertad de movilidad”.

1.4.2. Eficiencia

En términos económicos y explicando en términos simples el “estado óptimo de Pareto”, Sarmiento y Castellanos (2008), definen la eficiencia como una condición en la que no es posible mejorar el estado de beneficios de un sistema económico sin empeorar otros sistemas económicos, o que no sea posible mejorar el bienestar de alguna persona sin empeorar el de otra.

Por otro lado en términos industriales, en los que el nivel de producción es lo importante, de acuerdo con Sarmiento y Castellanos (2008), la eficiencia es producir algún bien al menor costo posible.

Con relación a la termodinámica, de acuerdo con Çengel y Boles (2012), la eficiencia de una máquina térmica está dada por el cociente de salida de trabajo neto entre entrada de calor total.

En términos urbanísticos, Suárez y Delgado (2007), siguiendo la teoría del lugar central, entienden la eficiencia como una función de la distancia que los habitantes de algún lugar determinado viajan para obtener bienes o servicios, siendo la condición eficiente aquella que presente menores distancias en su organización socioeconómica - espacial.

Considerando lo anterior, y la problemática planteada donde el automóvil resulta ser el más beneficiado por parte de la infraestructura vial, Rodríguez y Posada (2009) al hablar del reciclaje urbano, mencionan que cualquier asignación del espacio público hacia algo diferente que el uso vehicular es más beneficioso para la calidad de vida de las personas.

En este sentido, hablando de peatones y automovilistas inmersos en una infraestructura vial, la eficiencia sería un estado donde una vez que se revisen diversos criterios en torno al día a día de los peatones en la ciudad, puesto que de por la parte de los vehículos es usual encontrarse con obras civiles para la mejora continua de la movilidad urbana con relación a los modos de transporte motorizados terrestres, se llegue a una cifra que dimensione que tan cerca o lejos se está de cierta visión dada de la movilidad urbana peatonal.

La operación de los insumos técnicos o de campo requieren de un modelo que en principio, siguiendo la ruta que plantea la economía para llegar a el estado óptimo de Pareto, de acuerdo con Sarmiento y Castellanos (2008), necesita de aproximaciones sucesivas orientadas a la mejora individual de cada aspecto y una posterior evaluación de las condiciones generales del sistema en el cual está inmerso.

Del planteamiento anterior, se rescatan 2 fases, en la primera se analiza un elemento aislado, suponiendo todos los demás elementos constantes y en un segundo momento se analiza el comportamiento del conjunto de elementos con la mejora introducida en el primero. Para fines del presente documento, se analizará al elemento peatonal considerando los otros elementos de la movilidad urbana constantes.

Por tanto, se considera que la eficiencia aplicable a al presente estudio consideraría una situación ideal y se mediría que tanto se acercan las condiciones reales de campo en la zona de estudio a dicha situación ideal.

Conclusión Parcial

En el presente capítulo se expusieron los rasgos generales de la forma policéntrica de la ciudad, a la vez que la pertinencia del enfoque considerado para estudiar una condición

dada en la metrópolis a través de las características de interés de los policentros metropolitanos.

Sobre la movilidad urbana se mencionó el concepto considerado y las principales variables que intervienen al definirlo; además, se mencionaron las características generales de dichas variables en la zona de estudio y se destacó la participación del peatón en la propia concepción de movilidad urbana.

Con el énfasis en la participación del peatón en torno a la movilidad urbana se desarrolló el concepto de entorno de movilidad peatonal y las principales características que lo definen, también se consideró una línea de investigación que recopila la información más relevante y reciente acerca de cómo se ha estudiado el espacio peatonal en las ciudades; dando origen a las variables que serán consideradas en el capítulo siguiente para elaborar la metodología de investigación en la zona de estudio.

Posteriormente, se consideró el concepto de eficiencia como eje rector metodológico que permita obtener alguna forma de medir el comportamiento de las variables consideradas en la movilidad urbana peatonal de la metrópolis.

Finalmente, dado lo anterior queda el peatón como principal protagonista en el presente estudio de movilidad urbana, centrando los esfuerzos en el espacio peatonal conceptualizado como entorno de movilidad peatonal y focalizando las observaciones en la dimensión morfológica para proponer la metodología que en el siguiente capítulo se desarrolla.

**CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE EFICIENCIA DE INTERACCIÓN
MORFOLÓGICA**

Capítulo 2. Metodología de eficiencia de interacción morfológica

En el presente capítulo se desarrolla la metodología propuesta para responder a la pregunta de investigación: ¿Qué tan eficiente es la interacción morfológica de los peatones, automovilistas y la infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018?

El capítulo se estructura siguiendo las distinciones de Valenzuela y Talavera (2015) acerca de los diversos enfoques y dimensiones de análisis en torno a la movilidad urbana peatonal, enfocándose en la dimensión morfológica para el estudio de los entornos de movilidad peatonal, a escala de manzana. Es así como en el primer apartado se describe el modelo general de análisis y se mencionan las variables e indicadores correspondientes, así como la forma en que se obtuvieron.

En el segundo apartado se presentan las ecuaciones matemáticas por medio de las cuales se interpreta una parte de la realidad morfológica de los entornos de movilidad peatonal (EMP), así como en el tercero se realiza lo propio con las conexiones entre EMP. En ambos casos se considera la propia existencia del espacio peatonal, sus dimensiones y continuidad; en el caso de las conexiones, además se consideran la distancia de cruce y la presencia de semáforos (según corresponda).

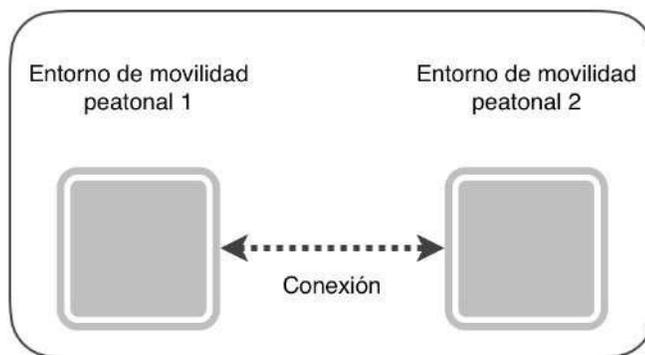
Posteriormente, en el cuarto apartado, con ayuda de otras ecuaciones, se relacionan las variables de los EMP y de sus conexiones obteniendo una medida de la eficiencia de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial buscada. Finalmente se presentan los resultados de la prueba metodológica realizada en una ciudad de España con una urbanización enfocada al peatón.

2.1. Variables e indicadores

En el trabajo de Valenzuela y Talavera (2015), se encontró que los factores más representativos de la dimensión morfológica de los estudios peatonales son distancia total ruta, intersecciones diseño, acera tipología, acera mantenimiento, acera anchura y borde separación, entre otros, los cuales se encuentran en la *Tabla 1.3.1-1*, dichos factores son considerados (en su mayoría) en la presente metodología.

Derivado de que lo que interesa medir es la eficiencia de la interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial, aceptando las condiciones en que actualmente los vehículos motorizados son siempre beneficiados con la infraestructura urbana, como lo mencionan Campuzano y Rodriguez, (2010); Centro Mario Molina, (2014); Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (2012), lo que interesa es analizar cómo son las condiciones de movimiento de los peatones en un entramado urbano a través de la infraestructura vial favorable para los vehículos motorizados.

Figura 2.1-1. Diagrama de entornos de movilidad peatonal y su conexión



Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, se analizaron los entornos de movilidad peatonal y sus conexiones, partiendo de la idea de ver al entorno de movilidad peatonal (EMP) a escala de manzana

y posteriormente investigando sus conexiones con otros entornos de movilidad peatonal; tal como se modela en la *Figura 2.1-1*.

La *Figura 2.1-1*, considera 2 entornos de movilidad peatonal (EMP) y una sola conexión. Para los casos en que exista más de una conexión, cada una de ellas será analizada por separado con sus respectivos factores de análisis; y cuando se trate indagar acerca de múltiples entornos de movilidad peatonal (EMP), se analizarán como pares, guardando la forma básica.

En la *Tabla 2.1-1*, se presentan de manera resumida, las variables, indicadores, técnicas, instrumentos y fuentes involucrados en la metodología desarrollada para calcular una medida de la eficiencia de interacción morfológica.

Tabla 2.1-1. Matriz metodológica de medición de la eficiencia de interacción morfológica

Variable	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente
Existencia de espacio peatonal formal o informal	Existencia de Aceras, señalamiento horizontal y/o vertical en el pavimento; evidencia de flujos peatonales.	Registro de medidas con visita de campo	Hoja de campo	Campo
Capacidad de servicio	Dimensiones del espacio peatonal, Velocidad peatonal y flujo peatonal máximo de servicio	Visita de campo y referencias documentales	Hoja de campo	Campo y referencias
Razón de continuidad	Discontinuidades, huecos y perímetro del espacio peatonal	Registro de medidas con visita de campo	Hoja de campo	Campo

Variable	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente
Razón de distancia	Distancia de cruce funcional en el momento de la observación y distancia de cruce en línea recta	Registro de medidas con visita de campo	Hoja de campo	Campo
Razón de tiempo	Tiempo de cruce funcional en el momento de la observación y tiempo de cruce en línea recta	Registro de medidas con visita de campo	Hoja de campo	Campo
Eficiencia morfológica del i-ésimo entorno de movilidad peatonal	Existencia de espacio peatonal formal o informal y Razón de continuidad	Trabajo aritmético de gabinete con datos previos.	Hoja de cálculo	Datos propios
Eficiencia morfológica de conexión entre entornos de movilidad peatonal	Existencia de espacio peatonal formal o informal, Razón de continuidad, Razón de distancia y Razón de tiempo	Trabajo aritmético de gabinete con datos previos.	Hoja de cálculo	Datos propios
Eficiencia de interacción morfológica	Eficiencia morfológica de entornos de movilidad peatonal y sus conexiones	Trabajo aritmético de gabinete con datos previos.	Hoja de cálculo	Datos propios

Fuente: elaboración propia.

Dada la configuración espacial de la ciudad y su red viaria, considerando lo que menciona Hiller (1998), se tienen algunos casos donde más allá de los entornos de movilidad peatonal contenidos en la zona de análisis, los flujos principales se dan en rutas específicas que no necesariamente ocupen la totalidad de la zona de interés seleccionada para su medición; por lo que se nombrarán dichas rutas y en ellas se realizarán las mediciones correspondientes. A continuación se describen los criterios que

se utilizarán en la investigación en 2 partes, la primera está enfocada en los EMP y la segunda en las conexiones entre dichos EMP.

2.2. Eficiencia de interacción morfológica de los entornos de movilidad peatonal

Al respecto de la morfología en general, se considera por ser precedente a condiciones de equipamiento y amueblado urbano; es decir, antes de dotar a las vías de comunicación o a los propios entornos de movilidad peatonal con mobiliario urbano y otros equipamientos, es necesario contar con el espacio físico necesario y suficiente; es por ello que en este apartado se consideran 3 aspectos fundamentales, el primero es la existencia de un espacio peatonal formal, el segundo es la anchura del espacio destinado para los peatones y el tercero es la continuidad de dicho espacio peatonal formal.

2.2.1. Existencia de espacio peatonal

Para el caso de los entornos de movilidad peatonal, se considera la existencia de un espacio físico en el límite entre la manzana y la red vial vehicular, donde los peatones se ubiquen y transiten para posteriormente cruzar la red vial vehicular y llegar a otro entorno de movilidad peatonal (EMP).

Para el caso de la conexión entre entornos de movilidad peatonal, se considera la existencia de pasos de cebra o evidencia de flujos peatonales, puentes, y toda la infraestructura señalizada o plenamente identificada de uso peatonal para cruzar. Los valores de la variable se encuentran en la *Tabla 2.2.1-1*.

Tabla 2.2.1-1 Espacio peatonal

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades
(1)	$E_p = \begin{matrix} \clubsuit 0 \leftrightarrow \\ \spadesuit \uparrow \\ \heartsuit 0.8 \leftarrow \\ \blackheartsuit 1 \uparrow \end{matrix}$	E_p
		Existencia de espacio peatonal
		N/A

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de que no exista espacio peatonal el valor será cero; esta condición se cumple cuando no existe ni señalamiento ni área sobre el suelo que permita el flujo de peatones; el caso en que existe área sobre el suelo para la circulación de peatones, pero sin pintar o señalizar será un valor de 0.8 y en el caso en que el área de peatones exista y esté señalizada, el valor será de 1.0. Estas condiciones de la variable son una medida de control para los cálculos posteriores, ya que se considera que si no existe un espacio peatonal formal, entonces el valor de cálculo será cero.

2.2.2. Capacidad de servicio

Con ayuda de la metodología descrita por Guío (2010), se realizan los cálculos aritméticos correspondientes para determinar la capacidad de servicio de la acera o espacio físico en el límite entre la manzana y la red vial vehicular ó la conexión entre entornos de movilidad peatonal.

Se considera como dato clave la media del ancho de la acera o espacio físico en el límite entre la manzana y la red vial vehicular ó la conexión entre entornos de movilidad peatonal, el cual, para los casos de plazas públicas o manzanas abiertas en toda su extensión, dentro del entorno de movilidad peatonal (EMP) dado, será igual al ancho de su conexión con el EMP seleccionado.

Para los cálculos correspondientes interesa obtener la “capacidad de servicio”, la cual se calcula con base en las ecuaciones de la *Tabla 2.2.2-1*.

Tabla 2.2.2-1. Ecuaciones para el cálculo de la Capacidad de servicio

Ecuación	Variable	Nombre	Unidades	
(2)	$B = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_i b_i}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i}$	B	Ancho medio de la acera, frontera o conexión entre entornos de movilidad peatonal, según corresponda.	[m]
		l_i	Longitud del tramo variable i .	[m]
		b_i	Ancho del tramo variable i .	[m]
(3)*	$Q_s = V_c * K * B$	Q_s	Flujo peatonal máximo de servicio.	peatones / segundo [Pe/s]
		V_c	Velocidad de caminata.	[0.48 m/s]
		K	Densidad peatonal.	peatones / metro cuadrado [2.5 Pe/m ²]
		B	Ancho medio de la acera, frontera o conexión entre entornos de movilidad peatonal, según corresponda.	[m]
(4)	$C_s = \frac{Q_s * 60}{g * c}$	C_s	Capacidad de servicio	peatones / minuto [Pe/min]
		Q_s	Flujo peatonal máximo de servicio.	peatones / segundo [Pe/s]
		g	Duración de fase verde de semáforo	[s]
		c	Duración de ciclo completo de semáforo	[s]

Fuente: elaboración propia y *elaboración propia con base en Guío (2010), considerando los valores de 2.5 [Pe/m²] límite entre flujo máximo y flujo forzado y 0.48 [m/s] su correspondiente velocidad.

La capacidad de servicio dimensiona el potencial de la infraestructura para atender la demanda de uso peatonal y el espacio ocupado, que a su vez, ligado con la eficiencia de

interacción morfológica, genera un valor completo de interacción morfológica, que comprende el área peatonal del territorio y la racionalidad de su disponibilidad de uso.

2.2.3. Razón de continuidad

Si en la acera, frontera o conexión entre entornos de movilidad peatonal, según corresponda, se hallan obstáculos que impidan el paso peatonal o interrupciones físicas, de acuerdo con las dimensiones modelo de las personas descritas por Guío (2010), se considera como hueco y su extensión será restada a la extensión total de la la acera, frontera o conexión entre entornos de movilidad peatonal, según corresponda; en toda su longitud.

En los casos en los que existan elementos ornamentales que no impidan totalmente el flujo peatonal, entonces no se considerarán como hueco o discontinuidad. Los cálculos se realizan conforme a la *Tabla 2.3.3-1*.

Tabla 2.2.3-1. Ecuación para el cálculo de la Razón de continuidad

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(5)	$R_c = \frac{pf - \sum dh}{pf}$	R_c	Razón de continuidad.	n/a
		$\sum dh$	Suma de discontinuidades y huecos	[m]
		pf	Perímetro de la acera, frontera o conexión entre entornos de movilidad peatonal, según corresponda.	[m]

Fuente: elaboración propia.

2.3. Eficiencia de conexiones entre entornos de movilidad peatonal

Además de las características evaluadas para indagar sobre la eficiencia morfológica del espacio peatonal, para el caso de las conexiones será considerada la distancia adicional

en los cruces y en intersecciones semaforizadas el tiempo para cruzar, determinado por la razón entre la duración de la fase verde y la fase roja. A continuación se presentan la forma de realizar los cálculos correspondientes.

2.3.1. Razón de distancia

Se registran dos distancias; ambas con datos de campo y derivados del uso de herramientas cartográficas; la primera es la llamada distancia natural de cruce, la cual es la menor distancia que conecte 2 entornos peatonales, desde uno o varios puntos de análisis, dependiendo de las condiciones del lugar, en el supuesto de que no existieran vehículos que impidieran el paso de un punto a otro.

La segunda distancia es la que los peatones están obligados a caminar en la infraestructura construida debido a la existencia de los vehículos; ya que se considera que para cruzar con seguridad y llegar a otro EMP la distancia difiere con relación a la primera.

La distancia obligada es obtenida de la ruta que indican los pasos de cebra, marcas peatonales en el pavimento, cualquier otro tipo de señalamiento horizontal o vertical; así como en los casos en que existan puentes peatonales para comunicar 2 EMP, la distancia considerada será la derivada del recorrido por el puente peatonal. Los cálculos se realizan conforme a la *Tabla 2.3.1-1*.

Tabla 2.3.1-1. Cálculo de la Razón de distancia

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(6)	$R_d = \frac{d_n}{d_o}$	R_d	Razón de distancia.	n/a
		d_n	Distancia natural	[m]
		d_o	Distancia obligada	[m]

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Razón de semáforo

En intersecciones semaforizadas, las conexiones entre EMP considerarán el tiempo que los peatones tienen para cruzar sin que al mismo tiempo exista el flujo de vehículos que impida su cruce.

En centros históricos o zonas donde los recorridos peatonales atraviesen por hasta 3 semáforos, se considerará la condición más desfavorable para el peatón en la que una vez que cruza un semáforo, también debe esperar a cruzar el segundo semáforo; en casos donde sean más de 3 semáforos, se analizará el recorrido para identificar si hay o no error de avance; es decir, si considerando una velocidad de caminata dada, la distancia de cruce y la sincronía de los semáforos el peatón tiene o no que esperar más de un semáforo para realizar el recorrido dado.

En zonas donde las conexiones no tengan semáforos, el valor de la razón de semáforo no será considerado. Los cálculos se realizan de acuerdo con lo descrito en la *Tabla 2.3.2-1*.

Tabla 2.3.2-1. Cálculo de la Razón de semáforo

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(7)	$R_s = \frac{g}{c}$	R_s	Razón de semáforo	n/a
		g	Duración del color verde	[s]
		c	Duración de la fase	[s]

Fuente: elaboración propia.

2.4. Índice de eficiencia de interacción morfológica.

Las condiciones de movimiento de los peatones en un entramado urbano se dan en los entornos de movilidad peatonal (EMP); por que son aquellos espacios físicos donde

predominan los desplazamientos a pie (Borst et al, 2009); entonces en el entendimiento de las condiciones morfológicas de los entornos de movilidad peatonal y sus conexiones, es posible entender la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.

En lo que concierne a la metodología propuesta y los cálculos realizados, el uso de razones, tanto de continuidad como de distancia, permiten apreciar linealmente lo cerca o lejos que se está de generar las condiciones morfológicas óptimas de movilidad urbana peatonal, entendiendo como valor óptimo aquel que se corresponde con una situación hipotética de movimiento natural peatonal con distancias y tiempos mínimos de trayecto sobre un medio urbano sin obstáculos o limitaciones físicas.

El cálculo de la capacidad de servicio relaciona el espacio físico con el comportamiento peatonal y permite dimensionar las características del espacio disponible para los usuarios. Se utilizará como dato de referencia en cada conexión analizada.

La operación de los resultados preliminares, considerando la *Figura 2-1*, se hace de acuerdo con la *Tabla 2.4-1*, donde los insumos primarios o resultados preliminares de condiciones morfológicas se relacionan unos con otros; primeramente entre entorno de movilidad peatonal, seguidos de sus conexiones y por último se relacionan tanto los entornos de movilidad peatonal como las conexiones en una sola ecuación.

Tabla 2.4-1. Ecuaciones para el cálculo de la Eficiencia de Interacción Morfológica

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(8)	$E_{EMPi} = E_{pi} * R_{ci}$	E_{EMPi}	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP	n/a
		E_{pi}	Existencia de espacio peatonal en el <i>i-ésimo</i> EMP	n/a
		R_{Ci}	Razón de continuidad del <i>i-ésimo</i> EMP	n/a

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(9)	$E = E_{pi} * \left(\frac{R_c + R_d + R_s}{3} \right)^{\frac{1}{f}}$	E_c	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	n/a
		E_{pi}	Existencia de espacio peatonal en la conexión entre EMP	n/a
		R_c	Razón de continuidad de conexión entre EMP	n/a
		R_d	Razón de distancia de conexión entre EMP	n/a
		R_s	Razón de semáforo	n/a
(10)	$E_{IM} = \frac{E_{EMP1} + E_{EMP2} + E_c}{3}$	E_{IM}	Eficiencia de interacción morfológica entre los EMP_i y sus conexiones individuales	n/a
		E_{EMP1}	Eficiencia morfológica del EMP 1	n/a
		E_{EMP2}	Eficiencia morfológica del EMP 2	n/a
		E_c	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP 1 y 2	n/a

Fuente: elaboración propia.

Es así como la operación de los resultados preliminares o “insumos primarios”, permiten obtener una cifra que pretende valorar en una escala porcentual la medida de eficiencia morfológica de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial. El mayor valor de eficiencia será un utópico 100% y el menor será 0%.

Existe una condición importante; debido a que en las zonas de interés existen más de dos entornos de movilidad peatonal, para cada zona de interés el valor de referencia en la medida de la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial será el valor medio calculado para cada evaluación de entornos de movilidad peatonal y su conexión, denominado valor general (VG); por tanto existirá un VG de eficiencia morfológica de EMP, de eficiencia morfológica de conexión entre EMP

y de eficiencia de interacción morfológica; de acuerdo con las ecuaciones descritas en la *Tabla 2.4-2*.

Para el caso del cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial de la ZMT, se escalará el proceso descrito calculando los valores generales correspondientes considerando las centralidades o puntos de interés seleccionados.

Tabla 2.4-2. Ecuaciones para el cálculo de Valores Generales (VG)

Ecuación		Variable / Nombre / Unidades		
(10)	$VGE_{EMPi} = \frac{\sum E_{EMPi}}{n}$	VGE_{EMPi}	Valor general de eficiencia morfológica de los $EMPi$ de la zona de estudio	n/a
		E_{EMPi}	Eficiencia morfológica del i -ésimo EMP.	n/a
		n	Número de $EMPi$ de la zona de estudio	n/a
(11)	$VGE_c = \frac{\sum E_c}{n}$	VGE_c	Valor general de eficiencia morfológica de conexión entre EMP de la zona de estudio	n/a
		E_c	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	n/a
		n	Número de conexiones entre EMP de la zona de estudio	n/a
(12)	$VGE_{IM} = \frac{\sum E_{IM}}{n}$	VGE_{IM}	Valor general de Eficiencia de interacción morfológica de la zona de estudio	n/a
		E_{IM}	Eficiencia de interacción morfológica entre los $EMPi$ y sus conexiones individuales	n/a
		n	Número de $EMPi$ y sus conexiones individuales	n/a
	$VGC_s = \frac{\sum C_{si} * E_i}{\sum E_i}$	VGC_s	Valor general de capacidad de servicio de la zona de estudio	peatones / hora [Pe/min]

(13)		C_{si}	Capacidad de servicio de EMP o Conexiones individuales, según corresponda	n/a
		E_i	Valor de $EMPi$ o Ec individuales, según corresponda	n/a

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, cada zona de estudio cuenta con cuatro datos finales, de los cuales el valor general de eficiencia de interacción morfológica y el valor general de capacidad son los más relevantes ya que representan, por un lado una medida de la interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial y, por otro lado cuantifican la tasa de tránsito peatonal que permite la infraestructura. Cabe mencionar que el valor general de capacidad de servicio es un valor ponderado de las capacidades de servicio individuales, lo que posteriormente será útil para dar interpretación a los resultados.

2.5. Prueba de metodología en el caso de estudio de Vila-seca; España

Desde una perspectiva de observador participante, Vila-seca, España es una población con una urbanización con énfasis en los peatones, donde criterios como el desalojo de todo el tránsito foráneo así como la proporcionalidad equitativa entre el espacio peatonal y el espacio vehicular resaltan a primera vista una vez que se está en el lugar, puesto que con aceras de más de nueve metros de ancho, nula presencia de semáforos recorridos peatonales seguros para medios de transporte como bicicleta, patín, entre otros, arbolado urbano, mobiliario, bebederos y demás agregados; la movilidad peatonal aparece como protagonista en uso de la infraestructura vial. Con fines ilustrativos se presenta la figura 2.5-1.

El automóvil queda reservado para trayectos de larga distancia o especiales, puesto que la conectividad con ciudades como Tarragona o Barcelona es plenamente realizable con

ayuda de otros medio de transporte, como el tren ligero, tren rápido y autobús local o foráneo.

Figura 2.5-1. Espacio peatonal en Vila-seca, España



Fuente: elaboración propia con visita de campo (enero - junio de 2018).

Por lo anterior, se consideró que la población de Vila-seca es un lugar atractivo para aplicar la metodología desarrollada, ya que permitiría ir más allá de las cifras que arroje el modelo y trasladarse a una urbanización donde el número resultante represente ciertas condiciones cercanas o idénticas a las condiciones ideales planteadas en las ecuaciones.

A continuación se presentan algunos datos generales de la población donde interesa aplicar la metodología descrita anteriormente. De acuerdo con Idescat (2018), se tiene lo siguiente:

País: España

Comunidad Autónoma: Cataluña

Provincia: Tarragona

Municipio: Vila-seca

Población total (2017) : 21 993 habitantes

Población del área central (2017): 15 604 habitantes

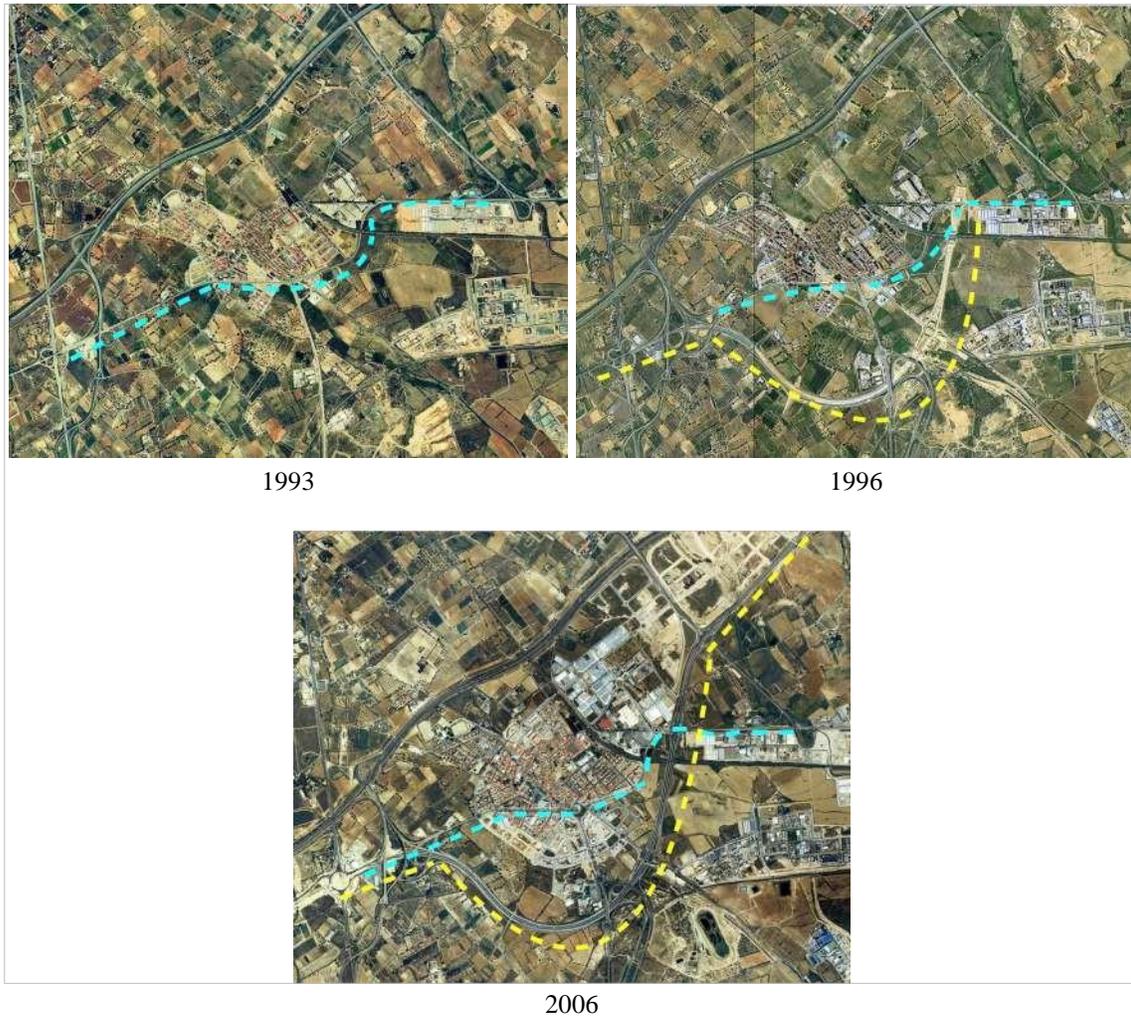
La población del área central está formada por 9 secciones censales de las 12 que el municipio tiene en total. Interesa ésta población, por que entre el año 1993 y el año 1996, de acuerdo con fotografías aéreas de ICGC (2018), se comenzaron a realizar un conjunto de intervenciones urbanas de las que destaca la ampliación y modificación del eje de trazo de la “Carretera Nacional A7”, para desalojar por completo el tránsito foráneo y eficientar la red vial del “Camp de Tarragona”.

En la *Figura 2.5-2*, se presentan los cambios de la infraestructura vial y las modificaciones derivadas de la ampliación y corrección de trazo de la Carretera Nacional A7; la imagen de 1993, presenta las condiciones originales, antes de la intervención urbana, posteriormente la imagen de 1996, presenta los cambios en el trazo de la carretera A7 y finalmente la imagen de 2006, representa la configuración actual de la carretera A7.

Uno de los aspectos mas relevantes, es que el trazado original (línea azul), se ha conservado en Vila-seca, pero debido a las condiciones morfológicas actuales de la red vial, sólo es usada esta infraestructura por el tránsito local.

Derivado de la importancia de la carretera A7 en la configuración espacial de Vila-seca, se plantea realizar el análisis metodológico propuesto en la zona central del trazo original de carretera A7, de acuerdo con la *Figura 2.5-3*.

Figura 2.5-2. Fotografías aéreas de Vilaseca 1993, 1996 y 2006



Fuente: ICGC (2018).

Se distinguen los principales entornos de movilidad peatonal seleccionados por presentar alguna característica predominante, como población, servicios o equipamientos; por ejemplo, supermercados, paradas de autobús, entre otros. En los entornos de movilidad peatonal a nivel de manzana y sus conexiones, se analizarán las variables descritas anteriormente.

Es de relevante importancia destacar que la escala de análisis para el caso de Vilaseca, España; es de proporciones similares en la escala espacial a los puntos de interés

seleccionados en la investigación principal, la cual se ubica en la Zona Metropolitana de Toluca, los puntos de análisis serán seleccionados de las centralidades de empleo distinguidas por Hoyos (2017).

Figura 2.5-3. Entornos de Movilidad Peatonal de análisis



Fuente: ICGC (2018).

Las características generales de los entornos de movilidad peatonal (EMP) de estudio son las siguientes:

- EMP1. Núcleo antiguo de Vila-seca, con una población de 958 habitantes, considerado como ubicación general de la población
- EMP2. Punto de atracción donde se ubican restaurantes
- EMP3. Punto de atracción donde se ubica la para de autobús central

- EMP4. Punto de atracción donde se ubica un centro comercial
- EMP5. Punto de atracción donde se ubica un centro comercial

En la presente aplicación metodológica de campo y con herramientas cartográficas de ICGC (2018), se obtuvieron las medidas que permitieron realizar los cálculos correspondientes de acuerdo con todas las ecuaciones antes descritas. Los resultados de presentan en la *Tabla 2.5-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo I Vila-seca, España**.

Tabla 2.5-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica

<i>EMPi / Conexión</i>	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMPi}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
EMP1	1	n/a	n/a	509
EMP2	1	n/a	n/a	1,188
EMP3	1	n/a	n/a	1,188
EMP4	1	n/a	n/a	537
EMP5	1	n/a	n/a	571
Conexión EMP1 - 2	n/a	0.77	n/a	315
Conexión EMP1 - 3	n/a	0.78	n/a	314
Conexión EMP1 - 4	n/a	0.96	n/a	321
Conexión EMP1 - 5	n/a	1	n/a	438
EMP1 - EMP2	n/a	n/a	0.923	n/a
EMP1 - EMP3	n/a	n/a	0.927	n/a
EMP1 - EMP4	n/a	n/a	0.987	n/a
EMP1 - EMP5	n/a	n/a	1.000	n/a
Valor general (VG)	1.00	0.88	0.96	614

EMPi / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMPi}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]

Fuente: elaboración propia.

Derivado de los resultados encontrados, se puede resumir lo siguiente:

1. La eficiencia general de las conexiones resulta de 0.88, aún con valores de 0.77 y 0.78, los cuales resultan de la no adyacencia entre EMP, situación que implica recorridos sinuosos en la ruta peatonal.
2. La eficiencia de interacción morfológica general para la zona de estudio es aproximadamente de 0.96; es decir, un 96% de eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.
3. El valor general de la capacidad de servicio de la zona resulta de 614 peatones / minuto.

En la *Figura 2.5-4*, se presentan de forma gráfica las cifras de eficiencia morfológica obtenidas entre el entorno de movilidad peatonal 1 (EMP1), como generador de viajes al concentrar una parte importante de la población y los otros cuatro entorno de movilidad peatonal como puntos atractores.

Los resultados obtenidos reflejan que, para un caso especial, la parte central de Vila-seca, donde su morfología general está enfocada absolutamente al peatón, se alcanza un valor general (VG) de eficiencia de interacción morfológica prácticamente del 96%, lo

que pone en carácter de utópico el valor de 100% de eficiencia de interacción morfológica.

Finalmente uno de los resultados más interesantes de esta urbanización enfocada en el peatón, es que el valor general de eficiencia de interacción morfológica de 96% cruzado con el valor general de capacidad de servicio representa que en promedio la capacidad de 614 Pe/min se encuentra disponible para usarse con una racionalidad media de 96% de eficiencia para los peatones.

Figura 2.5-4. Resultados de eficiencia



Fuente: ICGC (2018).

Conclusión Parcial

Partiendo del concepto de entorno de movilidad peatonal, una vez identificados los factores morfológicos a considerar para obtener una medida de la eficiencia de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial y considerando el espacio peatonal como el factor fundamental en las condiciones de movilidad urbana y al peatón como el usuario de infraestructura menos favorecido; se formularon 13 ecuaciones, las cuales van relacionando unas con otras la existencia del espacio peatonal mismo, junto con características como lo son dimensiones y continuidad; tomando como condiciones ideales, por ejemplo trazos rectos en las conexiones entre EMP.

Con ayuda de otros estudios se fijó un valor de capacidad de tránsito peatonal y derivado de los trayectos peatonales se calculó también qué tanto los peatones realizan rutas obligadas en comparación con rutas naturales derivado de la configuración de la retícula vial y peatonal enfocada a generar las mejores condiciones para los usuarios de automóviles.

Con todos los factores conjuntos y las operaciones realizadas se llegó a una cifra de eficiencia de interacción morfológica en términos de porcentaje y a un dimensionamiento del espacio peatonal en términos de capacidad de servicio; los cuales en conjunto permiten conocer tanto las dimensiones de los espacios como la racionalidad de su uso potencial por los peatones.

Finalmente se realizó una prueba de campo en una urbanización enfocada al peatón con características físicas tales como aceras de más de nueve [m] en una población circundante de aproximadamente 15 mil habitantes.

Los EMP analizados en la zona de estudio de España, en su mayoría, no son contiguos entre sí y todos obtuvieron un valor por encima del 92% de eficiencia, de interacción

morfológica, lo que significa que los recorridos peatonales se realizan con fluidez y con una racionalidad muy cercana al 100%. En algunos de los casos la eficiencia estuvo en 99% y 100%.

Las características morfológicas generales fueron abundante espacio, trayectos rectos, continuos, seguros y señalizados.

**CAPÍTULO 3. EFICIENCIA DE INTERACCIÓN MORFOLÓGICA EN
POLICENTRALIDADES DE LA ZONA METROPOLITANA DE TOLUCA
(ZMT)**

Capítulo 3. Eficiencia de interacción morfológica en policentralidades de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)

En este capítulo se presenta la Zona Metropolitana de Toluca como lugar de estudio, a la vez que se seleccionan siete policentralidades de un total de ocho en las que se aplicará la metodología desarrollada. Posteriormente, para cada una de las policentralidades se presenta un resumen con los resultados obtenidos, ubicando los datos completos en una serie de anexos al final del documento.

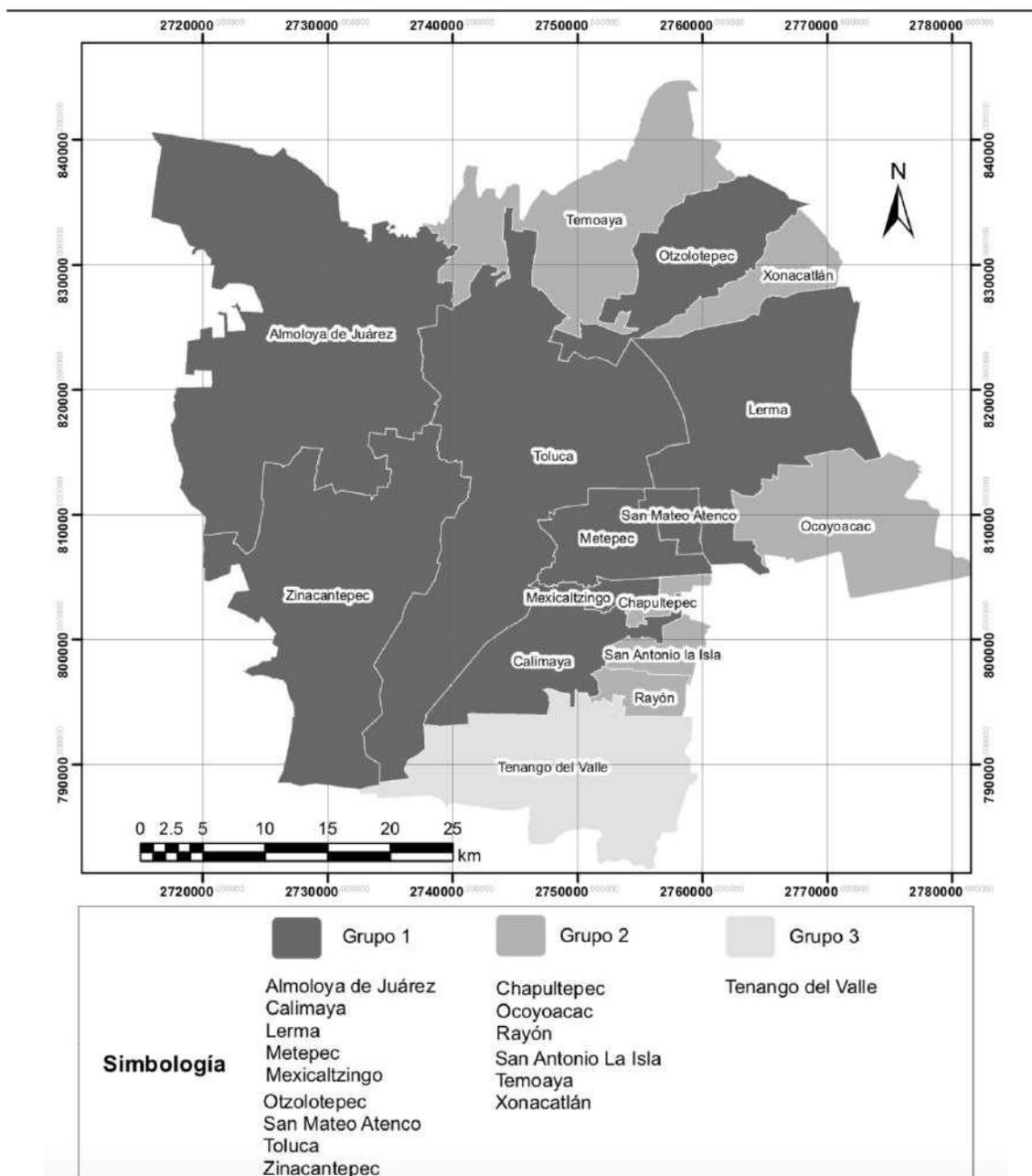
Las 7 policentralidades seleccionadas se distribuyen en tres municipios centrales que son Toluca, San Mateo Atenco y Metepec. Los resultados de las policentralidades serán trabajados de forma integral en el capítulo cuatro.

3.1. Caracterización social y espacial de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)

De acuerdo con SEDATU, CONAPO e INEGI (2017), actualmente en la República Mexicana existen 74 Zonas Metropolitanas, definidas por diversos criterios, como lo son: conurbación intermunicipal e interestatal, criterios estadísticos y geográficos, tamaño de población; planeación y política urbana.

Entre éstas zonas metropolitanas, se encuentra la Zona Metropolitana de Toluca, en el centro del Estado de México, formada por 16 municipios, los cuales se clasifican en 3 grupos: municipios centrales (Grupo 1), municipios exteriores definidos con base en criterios estadísticos y geográficos (Grupo 2) y municipios exteriores definidos con base en criterios de planeación y política urbana (Grupo 3). La *Figura 3.1-1*, representa dicha distribución.

Figura 3.1-1. Zona Metropolitana de Toluca



Fuente: Elaboración propia con datos de SEDATU, CONAPO E INEGI (2017).

Los municipios centrales son aquellos físicamente integrados a la ciudad central que da origen a la zona metropolitana, que son nueve, los exteriores son los municipios contiguos a los centrales, pero que presentan un alto grado de integración funcional y un

carácter predominantemente urbano; en relación con los municipios centrales. Para la zona de estudio, los municipios del grupo 2 son seis (Chapultepec, Ocoyoacac, Rayón, San Antonio La Isla, Temoaya y Xonacatlán) y del grupo tres sólo se tiene al municipio de Tenango del Valle. (SEDATU, CONAPO e INEGI: 2017).

El área de interés general de la investigación es dicha ciudad central de la Zona Metropolitana de Toluca, la cual está definida por SEDATU, CONAPO e INEGI (2017:35-36) como la:

“localidad geoestadística urbana o conurbación que da origen a la Zona Metropolitana (...) donde es posible distinguir zonas especializadas en actividades industriales, comerciales y de servicios, que además de satisfacer la demanda de su propia población, proveen de empleo, bienes y servicios a población de otras localidades ubicadas dentro de su área de influencia”.

Cabe decir que la definición anterior obedece a los planteamientos de Brian Goodall de 1977. Si bien, ésta definición y la ubicación de los nueve municipios centrales que contienen a la ciudad central podrían bastar para generar por el autor una selección, y en ellos elegir puntos y zonas de interés para aplicar la metodología propuesta, se considerará lo que escribe Hoyos (2017) al respecto de la policentralidad en la Ciudad de Toluca, debido a la estrecha relación existente entre su trabajo y el interés del presente documento.

La policentralidad en la estructura urbana de la ciudad son las zonas (núcleos o puntos) donde se concentran la mayor cantidad de actividades y funciones de una ciudad determinada; en el presente caso, se analizan los centros de empleo terciario, que por tal razón son también nodos de demanda de transporte, generadores de atracción de viajes y flujo de peatones.

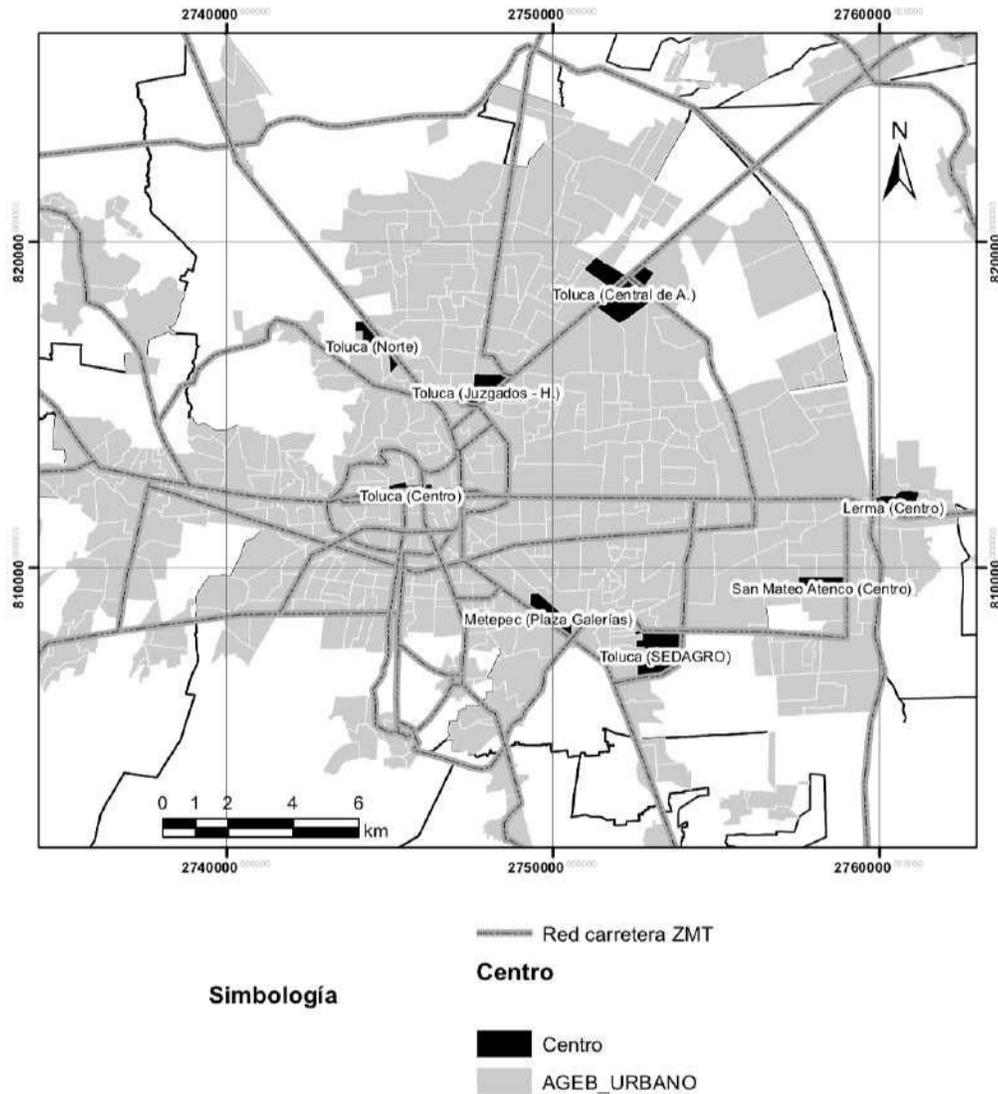
Hoyos (2017) presenta la condición policéntrica de empleo formal en la Zona Metropolitana de Toluca, formada por 22 municipios según el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca, donde identifica 8 puntos de atracción o subcentros ubicados en municipios centrales, los cuales a continuación se enlistan y se ubican espacialmente en la *Figura 3.1-2*.

1. Toluca (Centro)
2. Metepec (Plaza Galerías)
3. San Mateo Atenco (Centro)
4. Toluca (Central de Abasto)
5. Toluca (Norte)
6. Toluca (SEDAGRO)
7. Toluca (Juzgados - Hospital)
8. Lerma (Centro)

Adicional a los anteriores, Hoyos (2017) identifica como puntos de atracción a Santiago Tianguistenco Centro y Ocoyoacac centro; sin embargo, esos puntos de atracción están fuera de los municipios centrales de la Zona Metropolitana de Toluca (caso de Ocoyoacac) y fuera de la propia Zona Metropolitana (caso de Santiago Tianguistenco), definida por SEDATU, CONAPO e INEGI (2017).

Dadas las condiciones de supremacía económica por parte del municipio de Toluca, con relación a los otros 15 municipios que integran la zona metropolitana de interés, del total de las ocho centralidades seleccionadas, cinco pertenecen a Toluca y las otras tres se reparten entre Metepec, Lerma y San Mateo Atenco, cada uno con un punto de interés para la presente investigación.

Figura 3.1-2. AGEB urbanos y centralidades (puntos de interés) ZMT



Fuente: Elaboración propia con datos de Gobierno del Estado de México (2017), Hoyos (2017) e INEGI (2018).

Es relevante decir que el total de centro y subcentros identificadas por Hoyos (2017) se obtuvieron mediante la concentración de empleo urbano, empleos formales de la industria y servicios al productor, al consumidor y servicios sociales, destacando el municipio de Toluca por su supremacía. Específicamente sobre el empleo terciario, el total de en la ZMT es de 285 761 (68 % del total global) y el municipio de Toluca

alberga 148 444 que se traduce en el 51.94% del total de empleos metropolitanos en el sector terciario. Esta condición reafirma la influencia y relevancia del municipio de Toluca sobre la Zona Metropolitana.

Respecto al interés de esta investigación, se recapitula del planteamiento del problema lo siguiente:

1. En el municipio de Toluca el número de vehículos y el índice de motorización está aumentando.
2. La experiencia cotidiana en la ciudad y los estudios científicos de movilidad en Toluca, Ciudad de México y otras ciudades, apuntan a la existencia de un desajuste entre la infraestructura vial construida y el uso general que se le da, reflejado en el popular desuso de dicha infraestructura vial como el caso de los puentes peatonales.
3. La Secretaría de Comunicaciones del Estado de México, reconoce una problemática con el espacio peatonal, en la que la falta del mismo ha generado externalidades negativas en las vías de comunicación de la ciudad de Toluca.

Al respecto de la problemática en las vías de comunicación, Hoyos (2017) explica que a través de investigaciones realizadas mediante el levantamiento de 44 825 encuestas Origen-Destino aplicadas en el año 2007 por la Junta de Caminos del Estado de México en la Zona Metropolitana de Toluca, como se ubica al municipio de Toluca como el principal nodo de comunicación terrestre intrametropolitano (72% del total de los viajes origen destino); condición que se expresa de forma indirecta en las cifras de las proporciones de empleo total y terciario en la zona.

Por lo anterior, para fines de la presente investigación, se considerarán 7 de las 8 centralidades identificadas, excluyendo a Lerma (Centro), debido a limitaciones geográficas.

Los resultados de los 7 puntos de interés en los cuales se aplicaron las mediciones correspondientes para determinar una valoración de la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial en la Zona Metropolitana de Toluca, así como las condiciones bajo las cuales se analizó cada zona en específico, se presentan en los siguientes apartados.

3.2. Toluca (Centro)

Para el presente estudio, se delimitará Toluca (Centro) de la siguiente manera; al Norte la Calle Santos Degollado, al sur la calle José María Morelos, al Este la Calle Ignacio López Rayón y al Oeste las calles Pedro Ascencio y Martín Rivera; en total la zona de estudio se compone de 26 Manzanas, equivalentes a 26 entornos de movilidad peatonal.

La *Figura 3.2-1*, representa la delimitación de la zona de estudio y la disposición de los 26 entornos de movilidad peatonal, cada uno correspondiente con una manzana delimitada por líneas blancas.

La zona de estudio Toluca (Centro), emplaza diversos tipos de edificios y espacios públicos; según INEGI (2018) denominados como Establecimientos Económicos, los más representativos se agrupan de la siguiente manera:

- Espacios de Gobierno; cedes del poder Ejecutivo, Legislativo y Judicial del Estado de México; además de ubicar el Palacio Municipal y oficinas Municipales.
- Espacios Culturales; La Catedral de Toluca, el Teatro Morelos, la Plaza de los Mártires, la Plaza González Arratia, la Plaza del Carmen.
- Espacios Comerciales; Los Portales de Toluca, Plaza comercial Acrópolis.

Figura 3.2-1. Toluca (Centro)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

En total, de acuerdo con INEGI (2018), la zona de estudio comprende 2147 Establecimientos Económicos, repartidos en 16 categorías, de las cuales 4 contienen 1840 Establecimientos (85.7%), distribuyéndose de la siguiente manera:

- 1011 Establecimientos de *Comercio al pormenor*.
- 458 Establecimientos de *Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia*.
- 220 Establecimientos de *Otros servicios excepto actividades gubernamentales (Servicios de reparación y mantenimiento, servicios personales; y asociaciones y organizaciones)*.

- 151 Establecimientos de *Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas*.

Dada la complejidad de análisis debida a la presencia de 26 entornos de movilidad peatonal; la aplicación metodológica se realizará considerando la dinámica articuladora nuclear que conforma el entorno de movilidad peatonal 10-11 al formar la manzana más grande de la zona y la única en contener diversos tipos de Establecimientos Económicos sobre una trama totalmente peatonal con acceso nulo / especial y controlado a vehículos motorizados.

En este sentido, se analizará el comportamiento del entorno de movilidad peatonal 10-11 y todos los entornos de movilidad peatonal con los que hace frontera o esquina y con los EMP 1 y 2 dada su relevancia cultural y política. La lista de EMP considerados se presenta a continuación con datos de INEGI (2018):

- EMP 1 - Palacio de Gobierno Estatal.
- EMP 2 - Plaza del Carmen y Jardín Botánico Cosmovitral.
- EMP 3 - Teatro Morelos y Palacio del Poder Judicial Estatal.
- EMP 4 - Plaza de los Mártires y Palacio Legislativo Estatal.
- EMP 5 - Zona comercial con 129 establecimientos económicos.
- EMP 9 - Plaza González Arratia.
- EMP 10-11 - Palacio Municipal, Catedral de Toluca, Los Portales de Toluca; en total contiene 452 Establecimientos económicos.
- EMP 18 - Zona Comercial con 74 establecimientos económicos.
- EMP 19 - Zona Comercial con 93 establecimientos económicos.
- EMP 20 - Zona Comercial y Plaza Acrópolis con 62 establecimientos económicos.
- EMP 21 - Zona Comercial con 79 establecimientos económicos.
- EMP 22 - Zona Comercial con 71 establecimientos económicos.
- EMP 23 - Zona Comercial con 85 establecimientos económicos.

Los resultados de la aplicación metodológica se presentan en la *Tabla 3.2-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. I. Toluca (Centro)**.

Tabla 3.2-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Centro)

<i>EMP_i</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
EMP 10-11	1	n/a	n/a	379
EMP1	1	n/a	n/a	459
EMP2	1	n/a	n/a	205
EMP3	1	n/a	n/a	660
EMP4	1	n/a	n/a	306
EMP5	1	n/a	n/a	297
EMP9	1	n/a	n/a	339
EMP18	1	n/a	n/a	169
EMP19	1	n/a	n/a	220
EMP20	1	n/a	n/a	182
EMP21	1	n/a	n/a	186
EMP22	1	n/a	n/a	182
EMP23	1	n/a	n/a	204
Conexión EMP10-11 y EMP 1	n/a	0.76	n/a	86
Conexión EMP10-11 y EMP 2	n/a	0.84	n/a	161
Conexión EMP10-11 y EMP 3	n/a	0.76	n/a	128

<i>EMP_i</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
Conexión EMP10-11 y EMP 4	n/a	0.83	n/a	216
Conexión EMP10-11 y EMP 5	n/a	0.83	n/a	180
Conexión EMP10-11 y EMP 9	n/a	0.87	n/a	269
Conexión EMP10-11 y EMP 18	n/a	0.65	n/a	84
Conexión EMP10-11 y EMP 19	n/a	0.79	n/a	190
Conexión EMP10-11 y EMP 20	n/a	0.79	n/a	66
Conexión EMP10-11 y EMP 21	n/a	0.79	n/a	66
Conexión EMP10-11 y EMP 22	n/a	0.79	n/a	71
Conexión EMP10-11 y EMP 23	n/a	0.65	n/a	42
EMP 10-11 y EMP1	n/a	n/a	0.92	n/a
EMP 10-11 y EMP2	n/a	n/a	0.95	n/a
EMP 10-11 y EMP3	n/a	n/a	0.92	n/a
EMP 10-11 y EMP4	n/a	n/a	0.94	n/a
EMP 10-11 y EMP5	n/a	n/a	0.94	n/a
EMP 10-11 y EMP9	n/a	n/a	0.96	n/a
EMP 10-11 y EMP18	n/a	n/a	0.88	n/a
EMP 10-11 y EMP19	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 10-11 y EMP20	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 10-11 y EMP21	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 10-11 y EMP22	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 10-11 y EMP23	n/a	n/a	0.88	n/a

<i>EMPi</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMPi}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
Valor general (VG)	1.00	0.78	0.93	214

Fuente: elaboración propia.

En los resultados presentados se observan valores de eficiencia morfológica de conexión entre 0.65 y 0.87; debido principalmente a que las intersecciones están reguladas por medio de semáforos y existen particularmente 2 casos en que para realizar el recorrido hace falta esperar 2 ciclos de semáforo.

Por lo que respecta al valor de eficiencia de interacción morfológica, tienen valores generalmente por encima de 0.92; salvo los dos casos en que existen 2 fases de semáforo para realizar la conexión peatonal.

Los valores generales indican una eficiencia morfológica de conexión de 0.78, una eficiencia de interacción morfológica de 0.93 y una capacidad media de 214 peatones / minuto.

33. Metepec (Plaza Galerías)

Para fines del presente documento se delimitará Metepec (Plaza Galerías) de la siguiente manera: al norte la Calle Leona Vicario, al sur las calles Octavio Paz y Pedro Ascencio, al este la calle Lic. Benito Juárez García y al oeste la calle Comisión Federal de Electricidad.

La zona de estudio Metepec (Plaza Galerías) concentra la mayoría de su actividad en torno al comercio, debido a la ubicación de grandes centros comerciales como Plaza Galerías Metepec, Pabellón Metepec, Costco, Soriana, Sam's Club, Chedraui, Walmart, entre otros; además debido a la extensión de los sitios de aparcamiento de vehículos y a los productos que en esos centros comerciales se venden, es factible decir que se está ante la presencia de una urbanización comercial dedicada a los usuarios de vehículos particulares; sin embargo, se trata también de una centralidad de empleo terciario (Hoyos: 2017), por lo que el personal que ahí labora (aún sin considerar la población circundante) genera una actividad peatonal importante.

En total, de acuerdo con INEGI (2018) la zona de estudio cuenta con 704 Establecimientos Económicos repartidos en 17 categorías, de las cuales 4 contienen 567 Establecimientos (80.5%), distribuyéndose de la siguiente manera:

- 297 Establecimientos de *Comercio al pormenor*.
- 126 Establecimientos de *Servicios de salud y asistencia social*.
- 85 Establecimientos de *Servicios de preparación de alimentos y bebidas*.
- 59 Establecimientos de *Servicios financieros y de seguros*.

La *Figura 3.3-1*, representa la delimitación de la zona de estudio y la disposición de los 15 entornos de movilidad peatonal, cada uno correspondiente con una manzana delimitada por líneas blancas.

Para la aplicación de la metodología, dada la relevancia comercial de la zona, así como la distribución de los EMP, interesa conocer la interconectividad de todos los entornos de movilidad peatonal; unos con otros en combinaciones de pares adyacentes entre sí. Los EMP considerados se enlistan a continuación.

Figura 3.3-1. Metepec (Plaza Galerías)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

- EMP 1 - Plaza comercial “Península”.
- EMP 2 - Plaza comercial “Plaza las Américas”.
- EMP 3 - Plaza comercial Walmart, Suburbia y Sam’s Club.
- EMP 4 - Plaza comercial “Galerías Metepec”.
- EMP 5 - Plaza comercial “San Juan”, servicio comercial “GARIS”, zona de servicios escolares y Zona habitacional.
- EMP 6 - Centro Comercial Chedraui - Pabellón Metepec.

Los resultados de la aplicación metodológica se presentan en la *Tabla 3.3-1*, Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. II. Metepec (Plaza Galerías)**.

Tabla 3.3-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Metepec (Plaza Galerías)

EMP_i / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
EMP1	1	n/a	n/a	126
EMP2	1	n/a	n/a	144
EMP3	1	n/a	n/a	144
EMP4	1	n/a	n/a	144
EMP5	0.99	n/a	n/a	137
EMP6	1	n/a	n/a	155
Conexión EMP1 y EMP 2	n/a	0.57	n/a	18
Conexión EMP1 y EMP 5	n/a	0.44	n/a	16
Conexión EMP1 y EMP 6	n/a	0.75	n/a	94
Conexión EMP2 y EMP 3	n/a	0.80	n/a	144
Conexión EMP2 y EMP 5	n/a	0.75	n/a	94
Conexión EMP2 y EMP 6	n/a	0.48	n/a	18
Conexión EMP3 y EMP 4	n/a	0.59	n/a	31
Conexión EMP3 y EMP 5	n/a	0.48	n/a	31
Conexión EMP4 y EMP 5	n/a	0.75	n/a	144
Conexión EMP5 y EMP 6	n/a	0.73	n/a	25
EMP1 y EMP 2	n/a	n/a	0.856	n/a
EMP1 y EMP 5	n/a	n/a	0.809	n/a
EMP1 y EMP 6	n/a	n/a	0.917	n/a

<i>EMPi / Conexión</i>	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMPi}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
EMP2 y EMP 3	n/a	n/a	0.933	n/a
EMP2 y EMP 5	n/a	n/a	0.912	n/a
EMP2 y EMP 6	n/a	n/a	0.825	n/a
EMP3 y EMP 4	n/a	n/a	0.863	n/a
EMP3 y EMP 5	n/a	n/a	0.823	n/a
EMP4 y EMP 5	n/a	n/a	0.912	n/a
EMP5 y EMP 6	n/a	n/a	0.903	n/a
Valor general (VG)	1.00	0.63	0.88	91

Fuente: elaboración propia.

En los resultados presentados se observan valores de eficiencia morfológica de conexión entre 0.44 y 0.83; debido principalmente a que la mayoría de las intersecciones están reguladas por medio de semáforos y se cuenta con la presencia de puentes peatonales, los cuales incrementan la distancia de recorrido de forma importante debido a la ubicación que presentan; por ejemplo, en el recorrido entre el EMP1 y el EMP5 la eficiencia es de 0.44 ya que no hay conexión directa, sino que se tiene que esperar una fase de semáforo y después avanzar 451 metros más hasta alcanzar el EMP5.

En el mejor de los casos, la conexión se da a nivel de calle y con un solo semáforo, pero las relaciones g/c son muy bajas, tomando valores que van de 0.13 a 0.21 y en el caso del uso de los puentes peatonales, se tiene que en todos los casos, la distancia de cruce se duplica en relación a la distancia natural o a nivel de calle.

Por lo que respecta al valor de eficiencia de interacción morfológica, debido a que los EMP presentan buenas condiciones en términos generales, los valores se posicionan entre 0.81 y 0.94, con un valor general de 0.88.

Con respecto a la capacidad de servicio, dadas las bajas relaciones g/c de los semáforos; en las conexiones entre EMP se cuenta con cifras con variaciones tales que llegan hasta un mínimo de 16 peatones por minuto y un máximo de 144 peatones por minuto; por un lado las capacidades de los EMP se mantienen con valores uniformes entre 126 Pe/min y 155 Pe/min; por otro lado 6 de las 10 conexiones presentan valores entre 18 Pe/min y 31 Pe/min; dos 94 Pe/min y dos 144 Pe/min; lo que significa que la mayoría de conexiones se alejan de forma significativa de la media que es 91pe/min y en relación con Toluca (Centro) se encuentra bastante por debajo de los 214 Pe/min aún cuando en Toluca (Centro) se cuenta con intersecciones semaforizadas también.

3.4. San Mateo Atenco (Centro)

San Mateo Atenco es un municipio que se caracteriza por la fabricación y comercialización de productos textiles, bisutería, calzado y accesorios para vestir; principalmente fabricados con piel animal.

Para fines de esta investigación, la zona de estudio será delimitada de la siguiente manera; al norte con la calle Miguel Hidalgo, al sur con la calle Juan Aldama, al este con la calle De la Rosa y al oeste con la calle Independencia.

La *Figura 3.4-1*, representa la delimitación de la zona de estudio y la disposición de los 6 entornos de movilidad peatonal, cada uno correspondiente con una manzana delimitada por líneas blancas.

La zona de estudio, de acuerdo con INEGI (2018) cuenta con 1245 establecimientos económicos, los cuales se distribuyen en 16 grupos; de estos hay uno que destaca, es el grupo de *comercio al pormenor*, con 960 unidades (77%). Al interior del grupo existen 8 divisiones más, entre las que nuevamente destaca una, la cual se titula: *Comercio al pormenor de productos textiles, bisutería, accesorios para vestir y calzado*; con 757 unidades.

Figura 3.4-1 San Mateo Atenco (Centro)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

La zona de estudio cuenta con 9 manzanas, de las cuales se analizarán 6; transformando las manzanas en entornos de movilidad peatonal. Para la aplicación de la metodología se considera al EMP1 como el más importante y articulador de la movilidad urbana

peatonal (de donde surgen las interacciones); pues por sí solo alberga 601 unidades de las 1245 de la zona (INEGI, 2018), participando con alrededor del 50% de la cuota total de establecimientos económicos.

A continuación se describen los entornos de movilidad peatonal analizados con datos de (INEGI, 2018):

- EMP1 - Plaza Naranja de Calzado y otros establecimientos, con un total de 601 establecimientos económicos.
- EMP2 - Plaza comercial con un total de 81 establecimientos económicos.
- EMP3 - Bodega Aurrerá San Mateo Atenco y otros comercios con un total de 44 establecimientos económicos.
- EMP4 - Campo deportivo y comercios con un total de 64 establecimientos económicos.
- EMP5 - Ayuntamiento de San Mateo Atenco; con un total de 71 establecimientos económicos.
- EMP6 - Centro de Culto religioso y plaza central municipal; con un total de 23 establecimientos económicos.

Los resultados de la aplicación metodológica se presentan en la *Tabla 3.4-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. III. San Mateo Atenco (Centro)**.

Tabla 3.4-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en San Mateo Atenco (Centro)

EMP_i / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
EMP1	0.74	n/a	n/a	105
EMP2	0.52	n/a	n/a	51
EMP3	0.74	n/a	n/a	75
EMP4	0.53	n/a	n/a	58
EMP5	0.99	n/a	n/a	182
EMP6	1.00	n/a	n/a	353
Conexión EMP1 y EMP 2	n/a	0.80	n/a	122
Conexión EMP1 y EMP 3	n/a	0.68	n/a	72
Conexión EMP1 y EMP 4	n/a	0.80	n/a	130
Conexión EMP1 y EMP 5	n/a	0.68	n/a	104
Conexión EMP1 y EMP 6	n/a	0.99	n/a	79
EMP 1 y EMP2	n/a	n/a	0.687	
EMP 1 y EMP3	n/a	n/a	0.721	
EMP 1 y EMP4	n/a	n/a	0.690	
EMP 1 y EMP5	n/a	n/a	0.805	
EMP 1 y EMP6	n/a	n/a	0.910	
Valor general (VG)	0.75	0.79	0.76	121

Fuente: elaboración propia.

Los resultados presentan que los entornos de movilidad peatonal se encuentran en bajas condiciones; pues los comercios ambulantes obstruyen por completo algunas calles, el tránsito vehicular es muy lento o nulo; lo que ayuda a cruzar fácil la calle, pero no existe presencia de espacio peatonal en varias calles.

En términos generales las conexiones entre entornos de movilidad peatonal son ágiles, debido a la cercanía y a la ausencia de vehículos motorizados; sin embargo, si se desea andar por la banqueta los obstáculos cerrarán el paso; aunque se crea un espacio peatonal donde estaba designado para ser espacio vehicular.

Por lo anterior y realizando las operaciones correspondientes, se llega a una medida de la eficiencia de interacción morfológica del 76% y una capacidad de servicio media de 121 peatones por minuto.

35. Toluca (Central de Abasto)

De acuerdo con Grupo ARSO (2018), la central de Abasto de Toluca se encuentra ubicada en el km 4.5 de la calle José López Portillo (Carretera Toluca - Naucalpan), en el oriente de la ciudad. Fue inaugurada en 1994 y está construida en un terreno de 630 mil [m²]. Contiene más de 2000 bodegas y locales comerciales; diariamente acuden alrededor de 40 000 clientes para adquirir diverso productos. El promotor constructor es GRUPO ARSO.

La zona de estudio se encuentra delimitada de acuerdo con la *Figura 3.5-1*, entre las calles Ricardo Flores Magón al noroeste, Ignacio Allende al suroeste, la avenida Toluca - Naucalpan al sureste y la calle Sor Juana Inés de la Cruz como referencia al Noreste. Contiene 3 entornos de movilidad peatonal, que a continuación se describen.

Entorno de movilidad peatonal 1.

Es el que contiene la edificación completa de la central de abasto, en el cual tanto vehículos como peatones comparten el espacio total vial de la zona, por tratarse de un amplio estacionamiento y locales comerciales.

Figura 3.5-1. Toluca (Central de Abasto)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

Entorno de movilidad peatonal 2.

Se trata de una “isla peatonal” construida entre el entorno de movilidad peatonal 1 y el entorno de movilidad peatonal 3. Su existencia es resultado de la construcción de una

bahía de para el transporte público colectivo y la ubicación de uno de los extremos de un puente peatonal que cruza la calle José López Portillo.

En este entorno de movilidad peatonal, los usuarios pueden hacer uso del transporte público colectivo y es el único paso seguro entre el entorno de movilidad peatonal 1 y el entorno de movilidad peatonal 3.

Entorno de movilidad peatonal 3.

Se trata de una manzana que cuenta con sanitarios públicos (construidos debajo de una de las rampas de acceso del puente) y una parada de autobuses con destino a Saucés, Aeropuerto, San Nicolás Tolentino, Xonacatlán, etc.

Aún cuando se trata de una manzana que contiene viviendas; de acuerdo a las condiciones generales de la zona, su relevancia se considera a partir de el albergue de la parada de Autobús.

Para realizar la aplicación metodológica, se han de considerar varias características importantes, las cuales son:

- La actividad económica se encuentra prácticamente contenida en un solo entorno de movilidad peatonal, el cual es el EMP1.
- Las características evaluables de la metodología no pueden ser aplicadas dentro de un Entorno de Movilidad peatonal.
- Para este caso en particular, se considera la frontera de entorno de movilidad peatonal como objeto de caracterización y evaluación con la metodología descrita en el capítulo dos.

Aplicando la metodología, se tiene como resultado de eficiencia de interacción morfológica lo presentado en la *Tabla 3.5-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. IV. Toluca (Central de Abasto)**.

Tabla 3.5-1.

Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Central de Abasto)

<i>EMP_i</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	Capacidad de servicio [Pe/min]
Frontera de EMP1	1	n/a	n/a	266
EMP2	1	n/a	n/a	677
Frontera de EMP3	1	n/a	n/a	216
Conexión EMP1 y EMP 2	n/a	1.00	n/a	230
Conexión EMP2 y EMP 3	n/a	0.67	n/a	122
EMP1 - EMP2	n/a	n/a	1.00	n/a
EMP2 - EMP3	n/a	n/a	0.89	n/a
Valor general (VG)	1.00	0.83	0.94	302

Fuente: elaboración propia.

En su mayoría, los valores de eficiencia están representados por cifras altas, salvo el caso de la conexión entre el EMP2 y el EMP3, debido a que el puente peatonal prácticamente triplica la distancia que salva; pues en el Anexo II. IV, se presenta el dato de que la distancia natural de cruce es de 34 [m] y la distancia obligada es de 104 [m].

No se presenta ninguna discontinuidad, tampoco semáforos en la zona determinada de estudio. El valor general de la eficiencia de interacción morfológica es de 0.96 y la capacidad media es de 302 peatones por minuto; aunque salta a la vista el dato del EMP2, ya que por tratarse de un camellón central permite albergar una gran cantidad de peatones.

Es relevante destacar que las dimensiones del Puente peatonal resultan pequeñas comparadas con las dimensiones de los EMP de estudio, ya que presenta una capacidad de 122 Pe/min mientras que los valores de los EMP rondan los 250 Pe/min. Aunque de primera mano se nota escasa la dimensión, en una zona comercial semejante ubicada en el norte de la ciudad llamada “Mercado Aviación - Autopan” el puente peatonal tiene una sección de 10 [m]; sin embargo se llena de vendedores ambulantes y la sección que se deja a los peatones resulta de menos de la mitad; quizá el hecho de que las dimensiones del presente puente sean escasas al menos evita la instalación del comercio informal.

3.6. Toluca (Norte).

La zona de estudio Toluca (Norte) se encuentra entre el km 6 y el 8.5 en la carretera Toluca - Atlacomulco y contiene una zona industrial en la cual se encuentran principalmente las empresas:

- 1. Embotelladora Aga de México.
- 2. Bonafont.
- 3. Cemex.
- 4. Pfizer.

La zona de estudio se encuentra delimitada de acuerdo con la *Figura 3.6-1*, la cual contiene 2 entornos de movilidad peatonal, los cuales a continuación se describen.

El entorno de movilidad peatonal 1 es en el que se ubican las fábricas Embotelladora Aga de México y Bonafont y en el entorno de movilidad peatonal 2 se encuentran CEMEX y Pfizer.

Para este caso, de forma similar a los trabajado en la Toluca (Central de Abasto), se considerará la frontera del entorno de movilidad peatonal como espacio de medición y aplicación de la metodología desarrollada en el Capítulo 2.

Figura 3.6-1. Toluca (Norte)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

La frontera que será considerada es la que para ambos entornos de movilidad peatonal se presenta a un lado de la carretera Toluca - Atlacomulco; es decir, la acera de cada lado de la carretera. Para la aplicación metodológica se considera:

- Las fronteras internas de los entornos de movilidad peatonal serán los criterios de evaluación.

- La comunicación entre ambos entornos de movilidad peatonal se considera importante por la existencia de paradas de autobús en ambos sentidos de la carretera.
- Existe una única conexión segura entre dichos entornos de movilidad peatonal, la cual es un puente peatonal de acero.

Aplicando la metodología, se tiene como resultado de eficiencia de interacción morfológica lo presentado en la *Tabla 5.5-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. V. Toluca (Norte)**.

Tabla 3.6-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (Norte)

<i>EMPi / Conexión</i>	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMPi}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i-ésimo</i> EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	[Pe/min]
Frontera de EMP 1	0.78	n/a	n/a	178
Frontera de EMP 2	1	n/a	n/a	230
Conexión EMP 1 y EMP 2	n/a	0.52	n/a	158
EMP1 - EMP2	n/a	n/a	0.767	
Valor general (VG)	0.89	0.79	0.86	189

Fuente: elaboración propia.

La zona de estudio presenta grandes deficiencias en términos de continuidad y anchura de la sección de las aceras en determinadas zonas; inclusive frente a Bonafont el espacio peatonal es de cero [m]; no existe un espacio peatonal, dado que es invadido por estacionamientos o rejas.

La conexión entre entornos de movilidad peatonal presenta variaciones en su anchura, a la vez que un recorrido intrincado a base de escaleras donde las secciones transversales son variables y en algunos puntos disminuye a más del 50% su anchura, con respecto de la medida predominante. Aun así, el recorrido total es de 175m y la distancia natural es de 100m; por lo que no resulta como en otros casos donde la distancia se duplica.

La capacidad general es de 189 peatones / minuto; valor que se ve afectado por los espacios donde no hay área disponible en el terreno para el peatón.

3.7. Toluca (SEDAGRO)

SEDAGRO es la abreviatura de Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México; espacialmente se trata de un conjunto e edificios gubernamentales de entre lo que se encuentra la Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Agua y Obra Pública.

El conjunto SEDAGRO está ubicado al sur del parque ambiental bicentenario y se encuentra virtualmente aislado, en medio de una zona que da aspecto de bosque; el acceso se encuentra a 800 mts de la Av. Tecnológico; es una zona dispersa, dado que del conjunto SEDAGRO al hospital general regional 251 de Metepec, la distancia es de 1.6 km y a las oficinas del ISEM y de la CONAGUA Estado de México son 2.5 km.

Al interior del conjunto SEDAGRO se está en una condición de tránsito vehicular congelado, y prácticamente nulo, ya que los caminos internos no conectan con la trama urbana salvo en el acceso; el cual está controlado.

Las condiciones del lugar, con los accesos controlados y la “Urbanización gubernamental” desvinculada de la trama urbana coloca al punto de interés es una situación de indeterminación en términos metodológicos debido se ser un único entorno

de movilidad peatonal dado que para aplicar la metodología es necesaria la existencia de al menos 2 entornos de movilidad peatonal inmersos en un entramado urbano. Por tanto no será considerado en el análisis.

38. Toluca (Juzgados - Hospital)

La zona de estudio Toluca (Juzgados - Hospital), se encuentra entre las colonias de San Lorenzo Tepaltitlán, y San Cristóbal Huichocitlán. Contiene los Hospitales Centro Médico Lic. Adolfo López Mateos, Dr. Nicolás San Juan, Hospital Regional del ISSEMyM, Unidad de medicina familiar del IMSS 250, además del centro de Atención al Derechohabiente del ISSEMyM, una Escuela COBAEM y por parte de los Juzgados, contiene los Juzgados Familiares, la unidad de Derechos Humanos del Estado de México; entre otras dependencias de gobierno y oficinas de partidos políticos como el Comité Directivo Estatal del Partido Revolucionario Institucional, la Delegación Federal de la SEP y el Archivo General de Notarías del Estado de México; a la vez que el Rastro Municipal y una tienda GARIS.

La zona de estudio se encuentra delimitada de acuerdo con la *Figura 3.8-1*, la cual contiene 10 entornos de movilidad peatonal.

Por su configuración espacial, la zona cuenta con un eje principal y a los lados de ese eje se encuentran todas las infraestructuras y edificios de servicios públicos; todos ellos tienen su entrada a través de ese eje principal (salvo la tienda GARIS y el Rastro Municipal). El eje principal está formado por la calle Ganadería y la calle Dr. Nicolás San Juan.

De ambos lados del eje central de la zona se encuentran diversos edificios públicos y es de sorprender el estado tan bajo en calidad del espacio público, proliferando zonas con alto contenido de obstáculos.

Es relevante la presencia de diversos puntos de conexión entre los entornos de movilidad peatonal, pero sólo 2 de ellos se encuentran señalizados por medio de rallas en el pavimento, aquellos dos se encuentran en los extremos del eje formado por la calle Ganadería y Dr. Nicolás San Juan; Sólo hay presencia de semáforos en una orilla de la zona de estudio, en el cruce de la calle Ganadería y calle Del Rastro, aunque irónicamente las malas condiciones del pavimento son el principal controlador de la velocidad y altos totales del tránsito en la zona.

Figura 3.8-1. Toluca (Juzgados - Hospital)



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo. Imagen tomada de INEGI (2018) en los meses de junio - agosto de 2018.

En total, de acuerdo con INEGI (2018), la zona de estudio comprende 49 Establecimientos Económicos, repartidos en 10 categorías, de las cuales cinco contienen 40 Establecimientos (81.6%). Debe considerarse que en esta zona se encuentran unidades económicas de gran envergadura, como los hospitales antes mencionados y por ello a pesar de tener relativamente pocas unidades económicas, es una centralidad de empleo terciario (Hoyos: 2017); las unidades se distribuyen de la siguiente manera:

1. 16 Establecimientos de *Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas*
2. 10 Establecimientos de *Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales*
3. 6 Establecimientos de *Servicios financieros y de seguros*
4. 4 Establecimientos de *Servicios de Salud y asistencia social*
5. 4 Establecimientos de *Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos, y servicios de remediación*

Dado lo anterior, interesa medir la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial de 2 sentidos de recorrido, los cuales son considerando el lado norte y el lado sur del eje principal Dr. Nicolás San Juan - Ganadería; entre los EMP 1 -2 -3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 9 -10; dando lugar a las combinaciones que a continuación se operan.

Aplicando la metodología, se tiene como resultado de eficiencia de interacción morfológica lo presentado en la *Tabla 3.8-1*. Las cifras detalladas se encuentran en el **Anexo II. VI. Toluca (Juzgados - Hospital)**.

Tabla 3.8-1. Resumen de resultados de eficiencia de interacción morfológica en Toluca (juzgados - hospital)

<i>EMP_i</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	[Pe/min]
EMP 1	1.00	n/a	n/a	173
EMP 2	1.00	n/a	n/a	500
EMP 3	0.92	n/a	n/a	139
EMP 4	0.75	n/a	n/a	109
EMP 5	1.00	n/a	n/a	181
EMP 6	1.00	n/a	n/a	203
EMP 7	1.00	n/a	n/a	216
EMP 9	0.80	n/a	n/a	194
EMP 10	1.00	n/a	n/a	134
Conexión EMP 1 y EMP 2	n/a	0.80	n/a	173
Conexión EMP 2 y EMP 3	n/a	0.80	n/a	173
Conexión EMP 3 y EMP 4	n/a	0.80	n/a	72
Conexión EMP 4 y EMP 10	n/a	0.50	n/a	50
Conexión EMP 5 y EMP 6	n/a	0.80	n/a	266
Conexión EMP 6 y EMP 7	n/a	0.80	n/a	216
Conexión EMP 7 y EMP 9	n/a	0.61	n/a	56
EMP 1 y EMP 2	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 2 y EMP 3	n/a	n/a	0.91	n/a
EMP 3 y EMP 4	n/a	n/a	0.82	n/a

<i>EMP_i</i> / Conexión	Eficiencia			Capacidad
	E_{EMP_i}	E_c	E_{IM}	C_s
	Eficiencia morfológica del <i>i</i> -ésimo EMP.	Eficiencia morfológica de conexión entre EMP	Eficiencia de interacción morfológica	[Pe/min]
EMP 4 y EMP 10	n/a	n/a	0.75	n/a
EMP 5 y EMP 6	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 6 y EMP 7	n/a	n/a	0.93	n/a
EMP 7 y EMP 9	n/a	n/a	0.80	n/a
Valor general (VG)	0.94	0.73	0.87	178

Fuente: elaboración propia.

En este caso en particular, resalta que los cruces entre EMP entre el lado norte y sur del eje principal Dr. Nicolás San Juan - Ganadería no presentan problemas para el peatón dadas las bajas velocidades de marcha de los vehículos y el comportamiento observado en la zona (los peatones cruzan en cualquier punto de la manzana); sin embargo, los problemas están en la ocupa del espacio peatonal por locales semi establecidos de comida, así como por las personas que tienen algún familiar en el hospital y zonas sin espacio peatonal.

Dada la naturaleza de los servicios que en la zona se prestan, las condiciones morfológicas del espacio peatonal se ven superadas y no es tanto por que los flujos peatonales sean intensos; sino lo es por la presencia estática de las personas que necesariamente deben estar al pendiente de sus familiares hospitalizados; sin embargo esa condición no se refleja en las cifras del modelo.

El recorrido norte considerado entre los EMP 1, EMP 2, EMP 3, EMP 4 y EMP 10; en ese recorrido primeramente se detectan problemas en los EMP 3 y EMP 4 puesto que

contienen espacios donde el área peatonal es cero. Posteriormente en sus conexiones se detecta falta de señalamiento horizontal y vertical; además de la presencia de un semáforo con una relación g/c muy baja (0.27), condiciones que en conjunto computan una eficiencia de interacción morfológica media de 0.85.

El recorrido surco considerado entre los EMP 5, EMP 6, EMP 7 y EMP 9, presenta mejores condiciones generales para los peatones, salvo en el EMP 9 donde existe un espacio en que el área peatonal es cero. De forma global las conexiones presentan la misma falta de señalamiento horizontal y vertical, pero el espacio peatonal es sustancialmente mayor con referencia al recorrido norte; puesto que el ancho medio de la acera en ninguno de los casos es inferior a 2.5 [m] mientras que en el otro recorrido se tienen valores de menos 2.0 [m]. La presencia del semáforo guarda una relación g/c ligeramente mayor también (0.29).

En conclusión, el valor general de la eficiencia de interacción morfológica de la zona es de 0.87 y el valor general de la capacidad media de los EMP y sus conexiones es de 178 peatones / minuto.

Conclusión Parcial

En el presente capítulo se realizó la aplicación metodológica en 6 centralidades de la Zona Metropolitana de Toluca, las cuales presentan condiciones variables en cuanto a su morfología general; por ejemplo, se analizó el centro histórico con manzanas de dimensiones importantes y cruces semaforizados en calles de retícula urbana; por otra parte hubo zonas como Metepec (Plaza Galerías), donde en el centro de la zona de estudio pasa una carretera Estatal que comunica a los municipios de Toluca y Metepec con el municipio de Tenango del Valle y es paso obligado para ir a zonas turísticas regionales como Ixtapan de la Sal o Nacionales como el puerto de Acapulco.

De todas las zonas analizadas hubo tales con gran simplicidad como la Toluca (Central de Abasto), donde se estudiaron las características morfológicas del punto de interés con base en 3 EMP y zonas con gran complejidad donde hubo más de 15 EMP; lo que implicó seguir planteamientos teóricos de flujos peatonales para discernir rutas peatonales y observaciones de campo para entender la dinámica peatonal de la zona. El planteamiento de análisis de cada zona en específico se mencionó al principio de cada apartado dedicado.

Aún con diversos planteamientos del análisis de las zonas de estudio, derivados de la dinámica peatonal observada y las características de la traza urbana, siempre se siguió la forma básica del modelo de interacción morfológica entre entornos de movilidad peatonal (EMP); el cual relaciona dos EMP y una conexión con ayuda de 13 ecuaciones derivadas de características morfológicas predominantes en los estudios más recientes e importantes sobre movilidad urbana peatonal.

Resulta importante destacar que dadas las condiciones morfológicas generales y la dinámica peatonal observada, se obtuvo un producto secundario en algunas zonas de estudio, el cual es la determinación de “rutas preferidas” por los peatones en función de la eficiencia y la capacidad tanto de los EMP como de sus conexiones; un caso de esto fue lo observado en *Toluca (Juzgados - Hospital)*, donde los flujos peatonales se dan en torno a un eje central con dos fronteras, la norte y la sur. En la frontera norte se obtuvieron resultados de eficiencia morfológica y capacidad de servicio relevantemente inferiores a los obtenidos en el lado sur, por lo que se identificó la frontera sur como una zona de mejores condiciones para flujos peatonales.

Finalmente, los valores obtenidos de eficiencia de interacción morfológica y capacidad de servicio sugieren diversas áreas de oportunidad para mejorar las condiciones de los flujos peatonales en la movilidad urbana, tales como el señalamiento, la duración y coordinación de los semáforos, el diseño de los puentes peatonales, el cuidado en la continuidad del espacio peatonal, etc.

**CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE INTERACCIÓN
MORFOLÓGICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE TOLUCA**

Capítulo 4. Evaluación de la eficiencia de interacción morfológica en la Zona Metropolitana de Toluca

Aquí se presenta el análisis de los resultados de la aplicación metodológica en las centralidades seleccionadas de la ZMT organizado en tres partes, la primera destaca los aspectos relevantes de los entornos de movilidad peatonal (EMP), la segunda lo referente a las conexiones entre los EMP y la tercera lo referente a la eficiencia de interacción morfológica en la ZMT. En todos los casos se comparan valores atípicos, valores generales y experiencias de los recorridos de campo.

4.1. Entornos de movilidad peatonal

El valor de referencia de urbanización enfocada al peatón, presenta condiciones morfológicas donde sobresalen las dimensiones del área peatonal disponible, permitiendo inclusive el uso de medios de transporte alternativos como patines, patinetas, bicicletas; entre otros, permitiendo a los usuarios no solo caminar con seguridad, sino con agilidad y sin interferir con los medios de transporte motorizados, es decir, minimizando el riesgo de accidentes tanto para peatones como para usuarios de automóviles.

En las centralidades seleccionadas de la Zona Metropolitana de Toluca, acerca de *Toluca (Centro)*, el hecho de contar con plazas centrales y una gran zona peatonal central que es el denominado *EMP 10-11*, en términos de área peatonal disponible, presenta condiciones satisfactorias en su mayoría, siendo además uno de los centros con más elevada capacidad de servicio de la ZMT.

Acerca de *Metepéc (Plaza Galerías)*, la condición de los EMP, de acuerdo con la metodología aplicada resulta con valores altos, salvo un EMP donde existe una

importante discontinuidad que pone en alto riesgo la integridad física de las personas que por ahí transitan.

Este caso en específico, dada la naturaleza de sus condiciones urbanas caracterizadas por la presencia de la carretera Estatal Toluca - Tenango y la alta densidad de centros comerciales, generan una trama urbana donde el automóvil es un elemento básico de la movilidad cotidiana, donde se le ha favorecido en términos de espacio y articulación de espacios.

En *San Mateo Atenco (Centro)*, hay una condición morfológica de los EMP en la cual el espacio peatonal ha sido completamente invadido por instalaciones semi-permanentes de zonas comerciales. En dichas zonas, el peatón invade parcialmente o completamente el área destinada a los usuarios de automóviles.

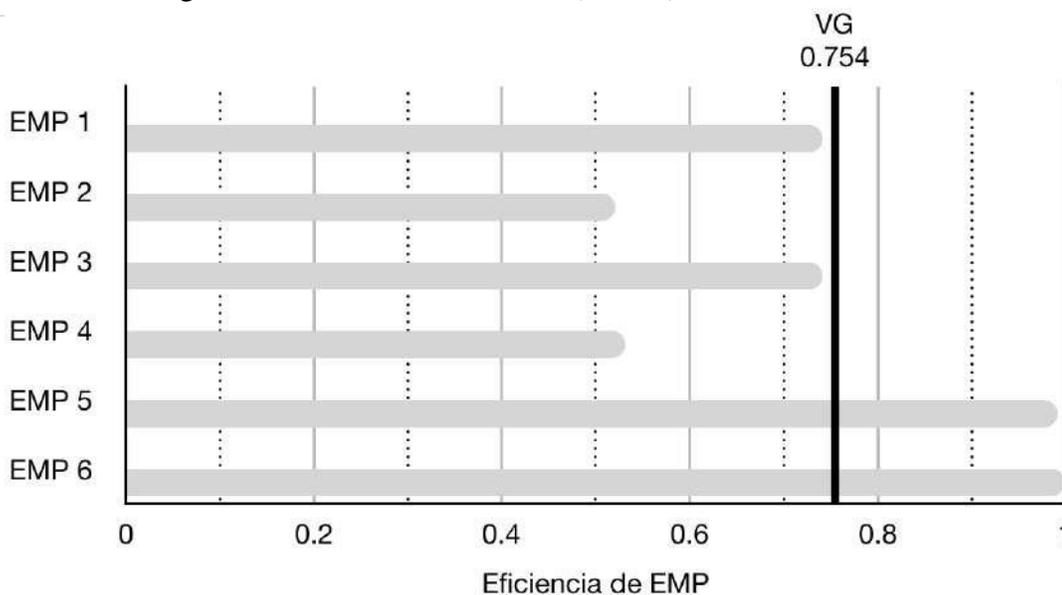
Las invasiones peatonales en algunos casos son señalizadas por medio de dispositivos viales como conos o trafitambos, pero en otros casos no existe señalamiento y simplemente se gestiona el tránsito tanto de peatones como de usuarios de automóviles por medio de condiciones límite de seguridad caracterizadas por bajas velocidades de tránsito y caos vial. La *Figura 4.1-1*, presenta los datos correspondientes.

La zona de estudio *Toluca (Central de Abasto)*, siendo la centralidad más simple que se estudió, contiene EMP que coexisten de forma eficiente con la Carretera Toluca - Naucalpan; en esta zona en particular, los peatones son los actores que menos interfieren con el tránsito vial general, la presencia de algunos atascos o condiciones desfavorables para los usuarios de vehículos son generadas por los mismos usuarios de vehículos.

El trazo recto entre la ubicación y comunicación de los EMP de la centralidad observada es la razón fundamental de la eficiencia morfológica con un valor de 0.96, además de

que las dimensiones en términos de área peatonal logran la capacidad peatonal más elevada de los espacios observados, con un valor de 303 peatones por minuto.

Figura 4.1-1. San Mateo Atenco (Centro) Eficiencia de EMP



Fuente: elaboración propia.

En *Toluca (Norte)*, al tratarse de un área simple en términos de EMP por sólo contener dos, se observan zonas con importantes discontinuidades donde el área disponible para tránsito peatonal es nulo en un total de 100 [m] aproximadamente.

En el centro del área de estudio se encuentra la carretera Toluca - Atlacomulco, la cual es la más importante entrada y salida norte de Toluca, por tanto, el espacio peatonal debería disponer mejores condiciones de seguridad para los usuarios.

La zona de *Toluca (Juzgados - Hospital)* dadas las características de los servicios públicos ahí emplazados, presenta un uso del espacio peatonal caracterizado por estar obstaculizado por los propios peatones usuarios de la infraestructura, pero no por el

tránsito de los mismos, sino por la espera que deben tener, por ejemplo por los servicios de los hospitales.

Las condiciones morfológicas críticas en las zonas de estudio están dadas mayoritariamente en las conexiones; a continuación se presentan las reflexiones finales de dicha condición límite de interacción entre peatones, automovilistas e infraestructura vial.

4.2. Conexiones entre entornos de movilidad peatonal

Las conexiones entre EMP vistas como aquellos espacios donde la interacción o el movimiento tanto de peatones y automovilistas sobre la infraestructura vial, son la principal característica que habla acerca de la medida en que en dicha interacción el automóvil ha sido beneficiado a costa de trayectos peatonales largos e ineficientes.

Por sí misma, la conexión entre EMP debería ser el factor clave de análisis de eficiencia de interacción del presente documento, sin embargo dados los fallos generales en los EMP con respecto al área peatonal disponible es que se ha considerado la adición de los mismos en la metodología.

Las conexiones en el caso de referencia como urbanización enfocada al peatón ubicado en Vila-seca, España, resuelven los movimientos peatonales con trazos rectos, seguros y señalizados, todos ellos a nivel de calle, sólo con la deficiencia de conectar la plaza central sólo por un punto en lugar de conectarla por al menos 2 puntos más, condición que elevaría la eficiencia a un valor prácticamente perfecto.

En *Toluca (Centro)*, las conexiones a pesar de ser por medio de semáforos, equilibran el tiempo para cruzar con relaciones g/c que rondan 0.4 en promedio; además, existen EMP donde los policías de tránsito controlan los flujos peatonales y por tanto las relaciones g/c suben a valores de 0.6.

Aún cuando dadas las condiciones de estructura urbana nuclear para Toluca debido a que algunas de las calles principales de la ZMT pasan por el centro, se ha tratado de equilibrar la zona para que los peatones tengan condiciones de fluidez interesantes, pues en términos generales la zona presenta el segundo valor más alto tanto de capacidad de servicio como de eficiencia de interacción morfológica.

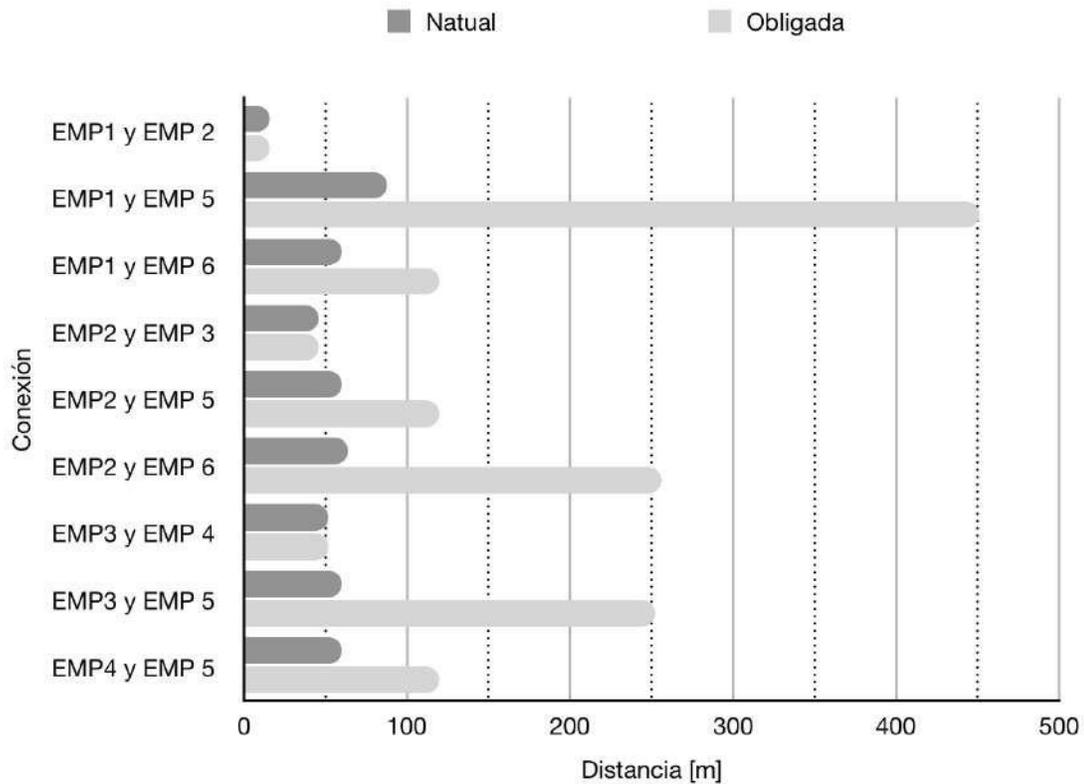
Con lo que respecta a *Metepc (Plaza Galerías)*, las conexiones juegan un papel muy importante, dado que las distancias son largas en la zona y la mayoría de las intersecciones son controladas por medio de semáforos con relaciones *g/c* muy bajas para los peatones.

Ninguna de las conexiones alcanzó un valor de 1 en cuanto a eficiencia, debido tanto a los semáforos, como a los puentes peatonales y a algunas deficiencias de señalamiento horizontal y vertical, de hecho con 0.63 de eficiencia de conexión es la centralidad con la menor calificación de la ZMT.

Las conexiones entre EMP que atraviesan la carretera Toluca - Tenango se dan principalmente a través de puentes peatonales, dado que cruzar a nivel de calle se vuelve casi imposible debido a que la carretera cuenta con múltiples retornos y carriles en ambos sentidos de tránsito para usuarios de vehículos. Esta condición genera fenómenos en los cuales las distancias obligadas para los peatones no solo duplican o triplican la distancia natural de cruce, sino que la llegan a cuatriplicar en algunos casos. La *Figura 4.2-1*, presenta la distribución de las distancias de conexión entre EMP.

La media de la razón entre la distancia obligada de cruce y la distancia natural ronda cuando se trata de cruzar la carretera Toluca - Tenango es de 0.365, lo que quiere decir que prácticamente para cruzar entre EMP es normal triplicar la distancia natural de cruce en la centralidad.

Figura 4.2-1. Metepec - Plaza Galerías distancia en conexiones



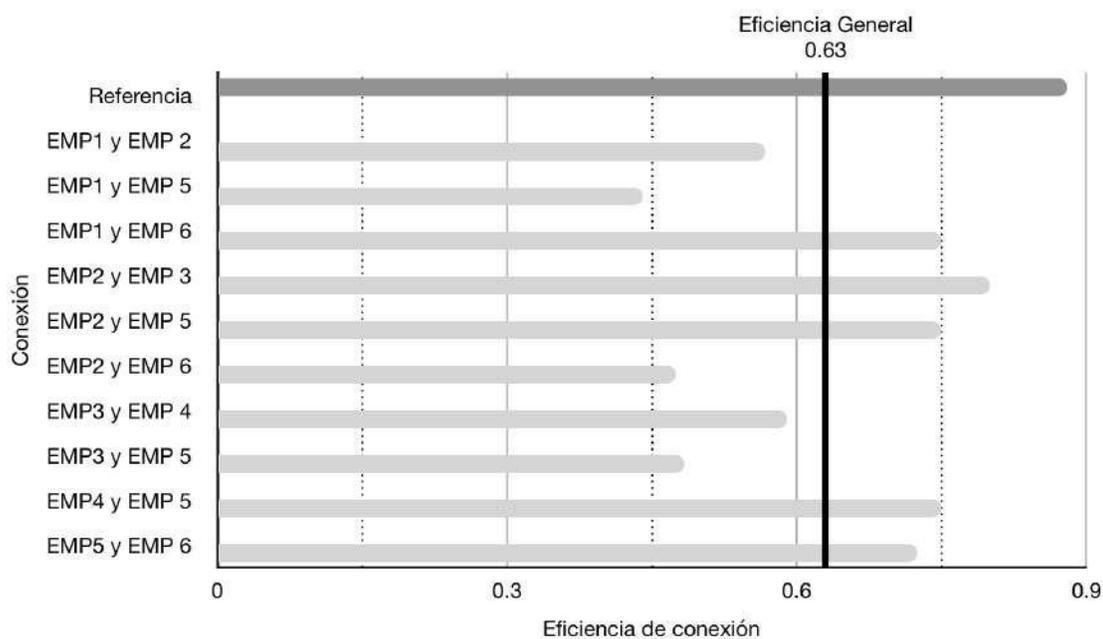
Fuente: elaboración propia.

Esta condición específica tan baja en la conectividad entre EMP representa el clásico favor que se le da al tránsito de usuarios de vehículos con respecto al tránsito de los peatones, donde las distancias largas sumadas con las retenciones de los semáforos se traducen en baja eficiencia de conexión. La Figura 4.2-2, presenta los valores para este caso.

Las conexiones en *San Mateo Atenco (Centro)*, por tratarse de una zona donde los EMP son contiguos entre sí en una trama urbana sin presencia de grandes ejes carreteros como otras centralidades, las conexiones se dan en las esquinas de las manzanas y las dificultades que se presentan se deben básicamente a la ausencia de espacio peatonal de la zona.

En la *Toluca (Central de Abasto)*, básicamente se cuenta con dos conexiones, de las cuales una es a nivel de calle y la otra está dada por un puente peatonal; específicamente el puente peatonal casi triplica el valor de la distancia natural de cruce, debido a que el diseño contempla rampas de acceso en lugar de escaleras.

Figura 4.2-2. Metepec - Plaza Galerías eficiencia de conexiones



Fuente: elaboración propia.

Aún con la presencia del puente peatonal, la zona es de las mejores calificadas en cuanto a conexiones como en cuanto a eficiencia de interacción morfológica y con la más alta capacidad de tránsito peatonal.

Al respecto de *Toluca (Norte)*, la conexión entre los EMP está dada por medio de un puente peatonal ubicado justo al centro de la zona de estudio; la distancia que obliga al peatón a recorrer es de 175 [m] mientras que la distancia que salva es de 100 [m]; es decir, recorre un 1.75 veces la ruta; comparándolo con otros puentes peatonales de la zona, representa la mejor relación de distancia observada, pues por ejemplo el caso de

Toluca (Central de Abasto) triplica la distancia salvada y en el caso de Metepec (Plaza Galerías) en uno de los recorridos para conectar 2 EMP la distancia se cuadruplica debido a la ruta y ubicación del puente.

Finalmente, la zona de *Toluca (Juzgados - Hospital)*, presenta una condición donde la presencia de semáforos en algunos puntos y la ausencia de espacio peatonal en otros, incluyendo una fracción de la conexión entre un EMP y otro, ocasiona bajos índices de eficiencia; además es una zona que dada la naturaleza de los servicios que presta debería de estar en mejores condiciones viales, con señalamiento y mejor calidad del asfalto, pues las malas condiciones del lugar ligadas con la población permanente que ocupa los espacios mientras está al pendiente de sus familiares enfermos, generan falta de fluidez tanto para los peatones como para los usuarios de automóviles.

4.3. Eficiencia de interacción morfológica

La metodología descrita en el capítulo 2, obtiene la medida de eficiencia en términos de 2 variables compuestas, que son eficiencia morfológica del *i*-ésimo entorno de movilidad peatonal y eficiencia morfológica de la conexión entre entornos de movilidad peatonal, complementadas con el cálculo de la capacidad de servicio; a lo largo del capítulo 3 se evaluaron las centralidades de la Zona Metropolitana de Toluca, obteniendo para cada una de ellas una medida de la eficiencia de interacción morfológica.

El sentido de la aplicación de la metodología a las centralidades de empleo (principalmente) tiene 2 componentes; un primer componente es que un buen representante de el carácter de la movilidad peatonal metropolitana de una ciudad es la movilidad peatonal dentro de sus propios nodos internos en constante interacción los unos con los otros a través del entramado urbano; el segundo es la relevancia del empleo como factor de movilidad cotidiana en el diario urbano.

Es por ello que para esta investigación, se consideró medir la eficiencia de interacción morfológica entre peatones, automovilistas e infraestructura vial global de los subcentros (incluido el propio centro) de empleo como nodos de intensa movilidad peatonal. A continuación, en la *Tabla 4.3-1 Eficiencia de interacción morfológica en policentralidades*, se presentan los resultados globales de la aplicación metodológica para cada centralidad.

Tabla 4.3-1 Eficiencia de interacción morfológica en policentralidades

<i>Subcentro</i>	Eficiencia			Capacidad
	VGE_{EMPi}	VGE_c	VGE_{IM}	VGC_s
	Valor general de eficiencia morfológica de los <i>EMPi</i> de la zona de estudio	Valor general de eficiencia morfológica de conexión entre <i>EMP</i> de la zona de estudio	Valor general de eficiencia de interacción morfológica de la zona de estudio	Valor general de capacidad de servicio [Pe/min]
Vila-seca, España*	1*	0.88*	0.96*	614*
Toluca (Centro)	1.00	0.78	0.93	214
Metepec (Plaza Galerías)	1.00	0.63	0.88	91
San Mateo Atenco (Centro)	0.75	0.79	0.76	121
Central de Abastos - Toluca	1.00	0.83	0.94	302
Toluca (Norte)	0.89	0.79	0.86	189
Toluca (Juzgados - Hospital)	0.94	0.73	0.87	178
Toluca (SEDAGRO)	n/a	n/a	n/a	n/a
Valor de Referencia	0.93	0.76	0.87	183

Fuente: elaboración propia.

* Valor de referencia obtenido en el apartado 2.5. *Prueba de metodología en el caso de estudio de Vila-seca; España.*

De acuerdo con los resultados, es apreciable que ninguno de los subcentros se acerca ni a menos de la mitad de la capacidad de servicio de la zona estudiada en Vila-seca, España; el Centro que más se acerca es *Toluca (Central de Abasto)*, aunque esto se deba a la simplicidad de la configuración espacial encontrada durante el análisis.

En segundo lugar, tanto en términos de capacidad de servicio como de eficiencia de interacción morfológica, se tiene a *Toluca (Centro)*, zona que se caracteriza por espacio peatonal generoso, plazas públicas e intersecciones semaforizadas; resalta la presencia de los semáforos, pero los valores de g/c permiten que los flujos peatonales estén equilibrados; caso contrario, por ejemplo con *Metepc (Plaza Galerías)*, donde las relaciones g/c ligadas con las grandes distancias de cruces obligados para peatones hacen que el valor de eficiencia morfológica de conexión presente el valor más bajo de 0.63.

Los otros cuatro valores de eficiencia de interacción morfológica se sitúan con valores entre 0.87 y 0.94 con un valor extremo de 0.76 en el caso de *San Mateo Atenco (Centro)*, pues el espacio peatonal presenta importantes discontinuidades y deficiencias en las conexiones derivadas de la ausencia en algunos casos de espacio peatonal.

La dinámica peatonal en *San Mateo Atenco (Centro)*, derivada del comercio obliga a cerrar el tránsito vehicular en algunas de sus calles en ciertos días de la semana y en los días que no está cerrado el tránsito, los peatones utilizan las vías vehiculares, pues las vías peatonales se encuentran saturadas de instalaciones comerciales semi-permanentes.

Con lo que respecta al puntaje global de la Zona Metropolitana de Toluca, se tiene que el valor que obtuvo la centralidad de *San Mateo Atenco (Centro)*, afecta de forma sensible la calificación global; por ejemplo, el valor actual de la eficiencia de interacción morfológica para la Zona Metropolitana de Toluca es de 0.87, sin embargo, si se

excluyeran el valor de la centralidad mencionada, ascendería a 0.90; lo cual es sensiblemente mayor.

El caso especial de la centralidad *Toluca (SEDAGRO)* resultó ser una condición sorprendente, dado que no fue posible aplicar la metodología, simplemente por que las condiciones del lugar no se adecuaban al modelo planteado de análisis de eficiencia morfológica; puesto que se trataba de un solo entorno de movilidad peatonal y no sólo eso, sino que se encontraba desvinculado de la trama urbana y con accesos restringidos en los que para entrar era necesario identificarse y explicar los motivos de la visita.

Con lo que respecta a la validación de la hipótesis; primeramente se tiene que la pregunta de investigación fue:

¿Qué tan eficiente es la interacción morfológica de los peatones, automovilistas y la infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018?

Y la hipótesis con la que se pretendió responder ésta pregunta de investigación es:

La interacción morfológica entre los peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT en 2018 es ineficiente.

En este sentido, la hipótesis se ha validado, tanto en los resultados globales como en los resultados particulares. La condición de eficiencia sería tener un valor de 1 como resultado de la tercera columna titulada eficiencia de interacción morfológica mientras que el valor actual es de 0.86.

Por tanto, los resultados generales implican una lejanía de 10 puntos porcentuales de aquel valor de 0.96 para una zona enfocada totalmente al peatón, donde en términos prácticos con el hecho de dar dos o 3 accesos más a la plaza central de la zona estudiada

el valor de 0.96 cambiaría a 0.99; sin embargo, para la zona de estudio las condiciones morfológicas requerirían un esfuerzo importante en generar mejores condiciones para los peatones en cuanto a espacio y conectividad de EMP.

Conclusión final

La medida determinada de eficiencia entre peatones, automovilistas e infraestructura vial en la movilidad urbana de la ZMT se focalizó en el peatón y las condiciones morfológicas con las que cuenta para realizar sus movimientos en el entramado urbano, considerando que los automovilistas son los más favorecidos por la infraestructura y la condición actual de los espacios ha sido definida en función de las necesidades de los automóviles y no de los peatones.

En ese marco, se dió respuesta a la pregunta de investigación y se validó la hipótesis planteada generando una metodología que pone en primer lugar al peatón, analizando desde el espacio que tiene disponible hasta las rutas peatonales y el tiempo que se necesita para recorrerlas, en términos de la infraestructura vial y peatonal presente.

La prueba metodológica realizada en Vila-seca, España, permitió en primer lugar, experimentar una urbanización orientada totalmente hacia el peatón y en segundo lugar, obtener un resultado que permitiera dimensionar las condiciones urbanas en las cuales se da una movilidad donde el peatón se considera de forma total en los criterios de diseño en primer lugar antes que el automóvil. Con ello se visualizó una condición donde la eficiencia se aproximaba a valores ideales que para la condición de las centralidades seleccionadas en la Zona Metropolitana de Toluca aún se ven lejos.

En el caso de las centralidades de estudio de la Zona Metropolitana de Toluca, en términos generales y con base en las observaciones de campo hechas durante los recorridos en la zona, es factible concluir que salvo espacios puntuales muy específicos

dentro de las áreas observadas cualquier persona que pretenda usar alguno de los diversos medios de transporte alternativos como patín, bicicleta; o cualquier persona con alguna discapacidad motriz tendría que enfrentar dificultades importantes para desplazarse, debido primeramente al poco espacio disponible y consecuentemente a la calidad de dicho espacio; aún sin considerar las conexiones entre EMP; las cuales presentan las mayores deficiencias.

Es así como de encontró que la parte del modelo que más representa las condiciones de eficiencia de interacción morfológica es la conexión entre entornos de movilidad peatonal, pues ahí las cifras obtenidas por el modelo representan de mejor forma la dinámica urbana peatonal y sobresalen las deficiencias en la consideración que se le hace al peatón al momento de diseñar el espacio público.

En el caso particular de *Metepéc (plaza Galerías)*, se observó cómo las personas no utilizaban la infraestructura vial proporcionada por la ciudad para cruzar de un EMP a otro y de primera intención podría pensarse que son usuarios desvinculados con la ciudad y su funcionamiento, pero al considerar que la distancia que se les solicita recorrer se aproxima a 4 veces la distancia que realmente existe entre los EMP sin considerar a los vehículos, cabría preguntarse ¿Quién es quien está desvinculado con el funcionamiento de la ciudad; la opción de infraestructura que se brinda al peatón o el peatón?, por que un extremo tan amplio entre el objetivo que se persigue (pasar de un punto a otro) y la solución que se propone, invita a revisar los supuestos planteados en la instrumentación de dicha solución.

Como el caso anterior, se tienen otros en los que la metodología presentada tiene un papel objetivo al momento de valorar las condiciones que la ciudad ofrece para los peatones, considerando de inicio que los puntos seleccionados tienen un alto tránsito peatonal dada su naturaleza y función en la Zona Metropolitana de Toluca.

En los recorridos de campo se encontraron factores a considerar en próximas investigaciones, como lo son la obscuridad general de la ciudad; por ejemplo en zonas como Metepec (Plaza Galerías) una vez que la luz del día se va, el alumbrado público es absolutamente deficiente en las zonas de interés para los trabajadores y peatones en general, por ejemplo en las paradas de autobús o en las rutas peatonales a seguir para llegar de un EMP a otro y tomar algún transporte o simplemente moverse en la zona peatonalmente.

Otro hallazgo de campo fue la presencia de vendedores ambulantes de alimentos en establecimientos semi-permanentes como una constante en la zona, derivada naturalmente de una demanda latente de parte de los empleados de las zonas evaluadas. En este sentido, habría que revisar los supuestos urbanísticos bajo los cuales se diseña el funcionamiento de los edificios, no sólo en términos de los objetos directos que pretenden resolver, sino considerando a demás las personas que en ellos laboran y sus correspondientes necesidades, puesto que el hecho de que omisiones de ese tipo repercutan de forma importante en el funcionamiento de toda una zona en general es algo de lo que se debe aprender, solucionar y no repetir en situaciones futuras.

Una línea importante sobre la movilidad urbana es el uso de la bicicleta; actualmente se cuenta con un sistema de bicicleta pública en la zona central del municipio de Toluca para trayectos urbanos cortos, pero ¿Qué hay de los usuarios diarios de bicicleta de medias y largas distancias?, esos usuarios que se mueven en bicicleta por necesidad económica antes que por pretenciones medioambientales (que cumplen indirectamente); se habla de los obreros de la construcción o de líneas de producción del rango bajo de sueldos. Aquellas personas a diario transitan sobre las calles de Isidro Fabela, Adolfo López Mateos, López Portillo, entre otras; teniendo como lugar de vivienda principalmente la zona norte del municipio de Toluca en las colonias de San Pablo Autopan, San Andrés Cuexcontitlán, etcétera. ¿Qué opciones le brinda la ciudad a esos

usuarios intensivos de uno de los medios de transporte más amigables con el medio ambiente?

Finalmente, la determinación de las líneas de los flujos globales de los peatones dados los equipamientos, servicios y condiciones de accesibilidad en cualquier zona de estudio retroalimentarían la búsqueda constante de mejorar la conectividad y el espacio público a una escala peatonal que permita experimentar las ciudades de forma amigable entre las personas y con el medio ambiente en general.

Bibliografía.

- Alvarado Torres, Juan Ramón. (2015). *Evaluación económica de externalidades de los reductores de velocidad y alternativas a los mismos en las vías primarias de la ciudad de Toluca*. (Tesis Inédita de Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, Toluca, México.
- Bazant, Jan. (2007), *Manual de diseño urbano*, Trillas, México.
- Bermejo Tirado, Jesús. (2009). Leyendo los espacios: una aproximación crítica a la sintaxis espacial como herramienta de análisis arqueológico. *Arqueología de la arquitectura*. 6(Enero-diciembre), pp. 47-62.
- Borst, H. C., De Vries, S. I., Graham, J. M. A., Van Dongen, J. E. F., Bakker, I. & Miedema, H. M. E. (2009). Influence of environmental street characteristics on walking route choice of elderly people. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 477-484.
- Brenner, N. (2013). Tesis sobre la urbanización planetaria, *Nueva sociedad*, enero - febrero(243), pp. 38-66.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael & Cárdenas Grisales, James. (2017). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega. [Octava edición]
- Camagni, Roberto. (2005). *Economía Urbana*, Antoni Bosch, España.
- Campuzano Rincón, Julio & Rodríguez Hernández, Jorge. (2010). Medidas de prevención primaria para controlar lesiones y muertes en peatones y fomentar la seguridad vial. *Revista de Salud Pública*, Junio, 497-509.
- Casas Palma, Rocío. (2014). Privatización del Espacio Público: calles cerradas en la Colonia Pantitlán, delegación Iztacalco. México: *Revista Mexicana de Opinión Pública*. Enero - Julio.
- Castoriadis, Cornelius. (1999). *El ascenso de la insignificancia*, conferencia pronunciada el 29 de octubre de 1999 en el marco del Segundo Forum de Le Monde y publicada en *Les Grecs, les Romains et nous*, textos reunidos y presentados por Roger Pol Droit. París: Le Monde Editions.
- Çengel, Yunus A. & Boles, Michael A. (2012). *Termodinámica* (séptima edición). México: Mc Graw Hill.
- Centro Mario Molina. (2014). *Estudio del sistema integral de movilidad sustentable para el valle de Toluca*. México: Centro Mario Molina.

- Ciccolella, P. & Vecslir, L. (2012). Dinámicas, morfologías y singularidades en la reestructuración metropolitana de Buenos Aires. *Revista Iberoamericana de urbanismo*, no. 8, pp. 23-41.
- Dávila, J. D. (2012). Nuevos transportes y movilidad urbana. *Bitácora urbano territorial*, 21(2), 57-60.
- De Mattos, C. (2008). *La tercera revolución urbana en América Latina ¿Hacia lo urbano generalizado?*, Ponencia presentada a la RII, Querétaro, México.
- Domínguez Paniagua, Claudia Paola. (2017). Organización espacial del mercado de trabajo al interior de las zonas metropolitanas del centro de México. En Trejo Nieto Alejandra, Sánchez Almanza, Adolfo y Pacheco, Edith (Eds.), *Investigaciones y enfoques contemporáneos en los estudios urbanos* (pp. 25 - 58). México: El Colegio de México.
- Drago Quaglia, Elisa. (2016). *Alfonso Pallares sembrador de ideas*. México: UNAM
- Duarte Vega, Crispiniano. (2015). Movilidad urbana: ¿cómo definir un sistema de transporte público colectivo (SITP), en Bogotá, D.C. Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, Vol. XI, no. 21, enero-junio, pp. 71-82.
- Ebel, B., Quitsberg, D. A. & Miranda, J. J. (2010). Reduciendo el trauma y la mortalidad asociada a los accidentes de tránsito en los peatones en el Perú: intervenciones que pueden funcionar. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, Sin mes, 248-254.
- Esquivel-Cuevas, M., Hernández-Mercado, O. & Garnica-Monroy, R. (2013). Modelo de Accesibilidad Peatonal (MAP). Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 23 (2), 21-30.
- Etcharren Gutiérrez, René. (1972). *Manual del Caminos Vecinales* (Segunda reimpresión). México: Representaciones y servicios de Ingeniería S. A.
- Ferrer Aldama, J. & Vélez Iglesias A. (2016). *Movilidad 3.0 Una política pública para vialidades seguras, sustentables e inteligentes*. México: IEXE.
- Franco-Arias, C., Chias-Becerril, L., Baranda-Sepúlveda, B., Rodríguez-Hernández, J. M., Hidalgo-Solórzano, E.; Sánchez-Restrepo, H., Reséndiz-López, H., Campuzano-Rincón, J. & Híjar, M. (2010). Motivos de uso y no uso de puentes peatonales en la Ciudad de México: la perspectiva de los peatones. *Salud Pública de México*, Noviembre-Diciembre, 502-510.
- Garber, N. J. y Hoel, L. A. (2006). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. 3ª Edición. México, Distrito Federal: Thomson.
- García Fernandez, Dora. (2009). *Metodología del trabajo de Investigación Guía Práctica* (1ª Reimpresión). México: Trillas.

- García-López, M., & Muñiz Olivera, I. (2007). ¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la nueva economía urbana. *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, (11), 25-43.
- García Yee, J. S. & Barrera Huertas, H. A. (2015). *Costos de la contaminación atmosférica: Efectos en el Patrimonio Cultural*. Conferencia pronunciada el 24 de abril en el marco de la Segunda reunión de expertos sobre calidad del aire y sus efectos en la corona regional del centro de México (ECAIM). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM.
- García, Agustín. (2015). *Costos de la contaminación atmosférica: Efectos en la salud*. Conferencia pronunciada el 24 de abril en el marco de la Segunda reunión de expertos sobre calidad del aire y sus efectos en la corona regional del centro de México (ECAIM). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM.
- Garduño Arredondo, Oscar Javier. (2017). Dependencia del automóvil y fragmentación del espacio. En Trejo Nieto Alejandra, Sánchez Almanza, Adolfo y Pacheco, Edith (Eds.), *Investigaciones y enfoques contemporáneos en los estudios urbanos* (pp. 59 - 102). México: El Colegio de México.
- Garrocho Rangel, Carlos. (2013). *Dinámica de las ciudades de México en el siglo XXI*. ONU Fondo de Población, Conapo, El Colegio Mexiquense, México.
- Garrocho Rangel, Carlos. (2003). La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servicios. *Economía, Sociedad y Territorio*, 4(14), 203-251.
- Geddes, Patrick. (2009). *Ciudades en evolución*. KRK ediciones: España.
- Gobierno de la República. (2013). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013 - 2018 (PROMARNAT)*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gobierno del Distrito Federal. (2014). *Decreto por el que se expide el programa hoy no circula en el Distrito Federal*. Gaceta oficial Distrito Federal. 17(1882), p. 8.
- Gobierno del Estado de México. (2017). *SECOM, Caminos y Carreteras*. Visto 30 de Noviembre de 2017. http://secom.edomex.gob.mx/caminos_carreteras
- Gómez, D., Thomson, P. & Anderson, J. (2013). Análisis de la interacción humano-estructura en puentes peatonales de Santiago de Cali. *dyna*, febrero, 86-94.
- Google. (2017). *Google Maps*. México. Visto 1 de junio de 2018. <https://www.google.com.mx/maps/@19.2886368,-99.6793179,17.15z/data=!5m1!1e1>

- Goycoolea Prado, R. (2005), Organización social y estructura urbana en las ciudades ideales de Platón y Aristóteles, *A parte rei. Revista de filosofía*, julio(40), pp. 1-13.
- Graizbord, Boris. (2008). *Geografía del Transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México*. México: El Colegio de México.
- Grupo ARSO (2018). *Toluca (Central de Abasto)*. Visto 1 de junio de 2018. <http://centraldeabastotoluca.grupoarso.mx>
- Guío Burgos, Fredy Alberto. (2010). Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (29), 1-25.
- Guío Burgos, Fredy Alberto; (2009). Dispositivos reductores de velocidad vehicular: Hacia el desarrollo de nuevos diseños. *Facultad de Ingeniería*, sin mes. 7-16.
- Hall, Peter. (1996). *Ciudades del mañana. Historia del Urbanismo en el siglo XX*, Ediciones del Serbal, Colección La Estrella Polar: Barcelona.
- Hernández, D. (2012). Activos y estructuras de oportunidades de movilidad. Una propuesta analítica para el estudio de la accesibilidad por transporte público, el bienestar y la equidad. *EURE*, 38(115), 117-135.
- Hillier, B. (1998). A note on the intuiting of form: Three issues in the theory of design. *Environment and Planning B: Planning and Design Anniversary Issue*, 37-40.
- Hoyos Castillo, Guadalupe. (2017). Reestructuración urbana y configuración policéntrica en América Latina. El caso de la ciudad de Toluca. En Gasca Zamora, José (Ed.), *Espacios del consumo y del comercio en la ciudad contemporánea* (pp. 197 - 216). México: UNAM.
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). (2018). *Visualizador avanzado de geoinformación*. Cataluña, España. Visto 1 de junio de 2018. <http://www.icgc.cat>
- Idescat. (2018). *Web de la Estadística oficial de Cataluña*. Visto 1 de junio de 2018. <https://www.idescat.cat/?lang=es>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Visto 1 de junio de 2017. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/vehiculos/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). *Espacio y Datos de México*. Visto en los meses de junio a octubre de 2018. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos>

- Instituto Mexicano del Transporte (2007). *Análisis de los sistemas de transporte. Vol. 1: Conceptos básicos*. Sanfandila, Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Instituto Nacional de Ecología y CTS México (2011). *Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades Mexicanas. Fase IV: medición de emisiones en cinco ciudades y análisis de resultados globales*. México: Centro de transporte sustentable de México A. C.
- Itzhak-Omer & Nir-Kaplan. (2017). Using space syntax and agent-based approaches for modeling pedestrian volume at the urban scale. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 57-67.
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo. (2012). *Gestión de la Movilidad para México, beneficios para su desarrollo económico*. México: Instituto de políticas para el transporte y desarrollo México.
- Jazcilevich, A., Mares Vázquez, J. M., López Ramírez, P., & Rosas Pérez, I. (2015). Economic-environmental analysis of traffic-calming devices. *Transportation Research An international Journal, Part D: Transport and environment* 36 (2015)
- Romo Viramontes, Raúl. (2018). La movilidad laboral y estudiantil en la Zona Metropolitana de Toluca. En Baca Tavira, Ronzón Hernández, Romo, Román Reyes y Padrón Innamorato (Eds.), *Migraciones y movilidades en el Centro de México* (pp. 87 - 107). México: Juan Pablos Editor.
- Marquet, Oriol & Miralles-Guasch, Carme. (2017). Resilient territories and mobility adaptation strategies in times of economic recession: Evidence from the metropolitan region of Barcelona, Spain 2004–2012. *European Urban and Regional Studies*. 00(0), 1-15.
- Márquez, Luis. (2015). Análisis de la percepción de seguridad en puentes peatonales: una aproximación mediante modelación híbrida. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Julio-Diciembre, 93-109.
- Osorio, Arturo. (2008). Una propuesta de cambio de los reductores en carreteras de México para disminución de velocidad en zonas de riesgo. *ContactoS*, 69-Sin mes, 65-68.
- Obregón Biosca, Saul Antonio & Betanzo Quezada, Eduardo. (2015). Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media Mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro. *Economía, Sociedad y Territorio*. Vol. XV, Num. 47. pp. 61 - 98.
- Rodríguez Valencia, Á., & Posada, P. (2009). Proyectos de espacio público: Reciclaje de espacio público mediante la optimización de la sección vial en las calles de Bogotá. *Dearq*, (4), 129-135.

- Rojas Quezada, C., Muñiz Olivera, I. & García López, M. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *EURE*, XXXV (105), 47-70.
- Ruiz Lineros, Manuel & Marmolejo Duarte, Carlos. (2008). Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: Un análisis par aBarcelona y su área Metropolitana. *ACE Arquitectura Ciudad y Entorno*. Año II Num. 8. pp. 199-217.
- Sarmiento Lotero, R., & Castellanos, P. (2008). La eficiencia económica: una aproximación teórica. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, IV (7), 19-28.
- Schteingart, Martha & Ibarra, Valentín. (2016). *Desarrollo urbano-ambiental y movilidad en la Ciudad de México. Evaluación histórica, cambios recientes y políticas públicas*. México: El Colegio de México.
- Secretaría de Comunicaciones del Estado de México. (2008, 5 de Junio). NORTEC-SECOM-01-2007. *Norma técnica que establece las especificaciones para limitar la construcción e instalación de reductores de velocidad sobre la infraestructura carretera y vial primaria de jurisdicción Estatal*. Toluca, México: Gaceta del Gobierno del Estado de México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2011) NOM-034-SCT2-2011. México, Distrito Federal: SCT.
- SEDATU, CONAPO e INEGI. (2017). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2015*. INEGI, México.
- Suárez Lastra, M., & Delgado Campos, J. (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990-2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI (23), 693-724.
- Talavera Dávila, H. (2003). Metrópolis y redes telemáticas. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 1 (7), 53-69.
- Trufello, R., & Hidalgo, R. (2015). Policentrismo en el Área Metropolitana de Santiago de Chile: reestructuración comercial, movilidad y tipificación de subcentros. *EURE*, 41 (122), 49-74.
- Ullán de la Rosa, Francisco Javier. (2014). Sociología urbana: de Marx y Engels a las escuelas posmodernas. España: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Ulloa Brenes, G. (2011). El tránsito vehículo-peatonal desde un punto de vista psicocultural. *Revista Costarricense de Psicología*, 30 (45-46), 95-112.

- Valenzuela Montes, Luis Miguel & Talavera García, Rubén. (2015). Entornos de movilidad peatonal: una revisión de enfoques, factores y condicionantes. *EURE*, Mayo, 5-27
- Vivas, Pep & Ribera Fumaz, Ramon. (2007). Ciudades, movilidad y tecnologías: hacia la Barcelona móvil. *UOC Papers*. Revista sobre la sociedad del conocimiento, octubre.
- Wright Paul H. & Paquette Radnor J. (1999). *Ingeniería de Carreteras* [Quinta Edición, Primera reimpresión]. México: Limusa
- Zárate, L. C., Villota, J., Echeverry, A. & Mera, J. J. (2005). Actitudes y comportamientos de los peatones en los sitios de alta accidentalidad en Cali. *Colombia Médica*, abril-junio, 79-84.
- Zárate, M. (2012). *Geografía urbana, dinámicas locales, procesos globales*, Editorial universitaria Ramón Areces, Madrid.

ANEXO ESTADÍSTICO

Anexo Estadístico

A continuación se presentan las tablas con los datos que permitieron la realización de los cálculos correspondientes. Las unidades de medida, así como los procedimientos se especifican en el capítulo 2 del presente documento.

El contenido está ordenado conforme se presentaron los resultados en el cuerpo general del documento a la vez que en dos partes, la primera corresponde a la información de Vila-seca, España (Anexo I) y la segunda a la de la Zona Metropolitana de Toluca (Anexo II).

Anexo I. Vila-seca, España.

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de ICGC (2018) y recorridos en campo durante movilidad académica internacional.

La *Tabla I-1*; presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla I-1 Vila-seca; existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP 1	1
EMP 2	1
EMP 3	1
EMP 4	1
EMP 5	1
Conexión EMP 1-2	1

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
Conexión EMP 1-3	1
Conexión EMP 1-4	1
Conexión EMP 1-5	1

La *Tabla I-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de más tramos para cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla I-2 Vila-seca; cálculo de ancho medio.

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		B
	b_i	l_i	b_i	l_i	b_i	l_i	b_i	l_i	
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]
EMP 1	5	60	3.2	22	13.8	41.2	5	33	7.07
EMP 2	16.5	90							16.50
EMP 3	16.5	90							16.50
EMP 4	9.5	126	21.5	20.5	3.18	122.6	5.6	12	7.45
EMP 5	4.70	25	9.2	25	2.8	22	9.2	128	7.93
Conexión EMP 1-2	4.3	20.8	4.6	7.8					4.38
Conexión EMP 1-3	4.3	20.8	4.6	7.8	4.3	14.5			4.35
Conexión EMP 1-4	6.22	15.2	4	35	3	38	5.1	70	4.46
Conexión EMP 1-5	6.22	15.2							6.22

La *Tabla I-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla I-3 Vila-seca; cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP 1	7.07	2.5	0.48	8.48	n/a	n/a	509
EMP 2	16.50	2.5	0.48	19.80	n/a	n/a	1,188
EMP 3	16.50	2.5	0.48	19.80	n/a	n/a	1,188
EMP 4	7.45	2.5	0.48	8.94	n/a	n/a	537
EMP 5	7.93	2.5	0.48	9.52	n/a	n/a	571
Conexión EMP 1-2	4.38	2.5	0.48	5.26	n/a	n/a	315
Conexión EMP 1-3	4.35	2.5	0.48	5.23	n/a	n/a	314
Conexión EMP 1-4	4.46	2.5	0.48	5.35	n/a	n/a	321
Conexión EMP 1-5	6.22	2.5	0.48	7.46	n/a	n/a	448

La *Tabla I-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla I-4 Vila-seca; cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP 1	0					156.2	1.00
EMP 2	0					90	1.00

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP 3	0					90	1.00
EMP 4	0					281.1	1.00
EMP 5	0					200	1.00
Conexión EMP 1-2	0					28.6	1.00
Conexión EMP 1-3	0					43.1	1.00
Conexión EMP 1-4	0					149.22	1.00
Conexión EMP 1-5	0					6.22	1.00

La *Tabla I-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla I-5 Vila-seca; cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP 1-2	34.5	44.8	0.77
Conexión EMP 1-3	116	148	0.78
Conexión EMP 1-4	223	231.6	0.96
Conexión EMP 1-5	15.2	15.2	1.00

La *Tabla I-6*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla I-6 Vila-seca; cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMP _i	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	n/a	n/a	n/a
EMP 1	1	1	1.00
EMP 2	1	1	1.00
EMP 3	1	1	1.00
EMP 4	1	1	1.00
EMP 5	1	1	1.00

La *Tabla I-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla I-7 Vila-seca; cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP 1-2	1	1	0.77	0.77
Conexión EMP 1-3	1	1	0.78	0.78
Conexión EMP 1-4	1	1	0.96	0.96
Conexión EMP 1-5	1	1	1.00	1.00

La *Tabla I-8*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla I-8 Vila-seca; cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP 1-2	1.00	0.77	1.00	0.92
EMP 1-3	1.00	0.78	1.00	0.93
EMP 1-4	1.00	0.96	1.00	0.99
EMP 1-5	1.00	1.00	1.00	1.00

Anexo II. Centros de Estudio en campo

A continuación se presenta la información correspondiente a los puntos de interés de la Zona Metropolitana de Toluca.

II. I. Toluca (Centro).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. I-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. I-1 Toluca (Centro), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP 10-11	1
EMP1	1
EMP2	1
EMP3	1
EMP4	1
EMP5	1
EMP9	1
EMP18	1
EMP19	1
EMP20	1
EMP21	1

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP22	1
EMP23	1
Conexión EMP10-11 y EMP 1	1
Conexión EMP10-11 y EMP 2	1
Conexión EMP10-11 y EMP 3	1
Conexión EMP10-11 y EMP 4	1
Conexión EMP10-11 y EMP 5	1
Conexión EMP10-11 y EMP 9	1
Conexión EMP10-11 y EMP 18	1
Conexión EMP10-11 y EMP 19	1
Conexión EMP10-11 y EMP 20	1
Conexión EMP10-11 y EMP 21	1
Conexión EMP10-11 y EMP 22	1
Conexión EMP10-11 y EMP 23	1

La *Tabla II. I-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. I-2 Toluca (Centro), cálculo de ancho medio.

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		[m]
EMP 10-11	7	414	1.8	29	2.2	87	1.75	60	3.4	72	5.27

EMP _i / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	<i>b_i</i>	<i>l_i</i>									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		
EMP1	9	104	3	81							6.37
EMP2	3.1	70.3	3	94	2.4	70					2.85
EMP3	15	130	5	90	2.2	55					9.17
EMP4	3.5	96	5	26.5	5	33	4.5	142	4	33	4.25
EMP5	4	120	6	135	2.35	135					4.12
EMP9	2.2	188	1.6	48	7.2	64.5	8	140			4.71
EMP18	2.2	71	2.4	228							2.35
EMP19	3	55	4	228	1.9	76	2	76	2.5	76	3.06
EMP20	4	64.5	2.5	228	1.9	76	2	76	2.5	76	2.53
EMP21	2.5	60	2.7	114	2.5	114	2.7	114	2.5	114	2.59
EMP22	3	69	2.7	114	2.5	114	2.3	228			2.52
EMP23	6	15	3	53	2.25	76	3.25	76	2.25	76	2.83
Conexión EMP10-11 y EMP 1	4.5	11	3.5	96	10	11					4.20
Conexión EMP10-11 y EMP 2	5	11	6	13	4	115					4.27
Conexión EMP10-11 y EMP 3	6	11	6.5	11							6.25
Conexión EMP10-11 y EMP 4	6	11									6.00
Conexión EMP10-11 y EMP 5	5	11									5.00
Conexión EMP10-11 y EMP 9	6	11									6.00
Conexión EMP10-11 y EMP 18	2.2	6.5	7	8							4.85

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		
Conexión EMP10-11 y EMP 19	7	8									7.00
Conexión EMP10-11 y EMP 20	2.5	8									2.50
Conexión EMP10-11 y EMP 21	2.5	8									2.50
Conexión EMP10-11 y EMP 22	2.7	8									2.70
Conexión EMP10-11 y EMP 23	3	6.5	2.3	8							2.61

La *Tabla II. I-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. I-3 Toluca (Centro), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP 10-11	5.27	2.5	0.48	6.32	n/a	n/a	379
EMP1	6.37	2.5	0.48	7.65	n/a	n/a	459
EMP2	2.85	2.5	0.48	3.42	n/a	n/a	205
EMP3	9.17	2.5	0.48	11.00	n/a	n/a	660
EMP4	4.25	2.5	0.48	5.10	n/a	n/a	306
EMP5	4.12	2.5	0.48	4.95	n/a	n/a	297
EMP9	4.71	2.5	0.48	5.65	n/a	n/a	339

EMPi / Conexión	<i>B</i>	<i>K</i>	<i>V_c</i>	<i>Q_s</i>	<i>g</i>	<i>c</i>	<i>C_s</i>
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP18	2.35	2.5	0.48	2.82	n/a	n/a	169
EMP19	3.06	2.5	0.48	3.67	n/a	n/a	220
EMP20	2.53	2.5	0.48	3.03	n/a	n/a	182
EMP21	2.59	2.5	0.48	3.11	n/a	n/a	186
EMP22	2.52	2.5	0.48	3.03	n/a	n/a	182
EMP23	2.83	2.5	0.48	3.40	n/a	n/a	204
Conexión EMP10-11 y EMP 1 *	4.20	2.5	0.48	5.04	34	120	86
Conexión EMP10-11 y EMP 2	4.27	2.5	0.48	5.12	63	120	161
Conexión EMP10-11 y EMP 3 *	6.25	2.5	0.48	7.50	34	120	128
Conexión EMP10-11 y EMP 4	6.00	2.5	0.48	7.20	60	120	216
Conexión EMP10-11 y EMP 5	5.00	2.5	0.48	6.00	60	120	180
Conexión EMP10-11 y EMP 9	6.00	2.5	0.48	7.20	71	114	269
Conexión EMP10-11 y EMP 18 *	5.09	2.5	0.48	6.10	26	114	84
Conexión EMP10-11 y EMP 19	7.00	2.5	0.48	8.40	43	114	190
Conexión EMP10-11 y EMP 20	2.50	2.5	0.48	3.00	44	120	66
Conexión EMP10-11 y EMP 21	2.50	2.5	0.48	3.00	44	120	66
Conexión EMP10-11 y EMP 22	2.70	2.5	0.48	3.24	44	120	71
Conexión EMP10-11 y EMP 23 *	2.57	2.5	0.48	3.08	27	120	42

*Nota: la conexión contiene 2 o más semáforos; en este caso se considera el valor de la relación “g/c” como el producto de las relaciones individuales de cada semáforo, simplificando dicha relación a valores enteros de “g” y de “c”.

La *Tabla II. I-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. I-4 Toluca (Centro), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP 10-11	0					662	1.00
EMP1	0					185	1.00
EMP2	0					234	1.00
EMP3	0					275	1.00
EMP4	0					331	1.00
EMP5	0					390	1.00
EMP9	0					441	1.00
EMP18	0					299	1.00
EMP19	0					511	1.00
EMP20	0					521	1.00
EMP21	0					516	1.00
EMP22	0					525	1.00
EMP23	0					296	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 1 *	0					118	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 2	0					139	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 3 *	0					22	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 4	0					11	1.00

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP10-11 y EMP 5	0					11	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 9	0					11	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 18 *	0					16	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 19	0					8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 20	0					8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 21	0					8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 22	0					8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 23 *	0					16	1.00

La *Tabla II. I-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. I-5 Toluca (Centro), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP10-11 y EMP 1 *	118	118	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 2	139	139	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 3 *	22	22	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 4	11	11	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 5	11	11	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 9	11	11	1.00

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP10-11 y EMP 18 *	10.3	14.5	0.71
Conexión EMP10-11 y EMP 19	8	8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 20	8	8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 21	8	8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 22	8	8	1.00
Conexión EMP10-11 y EMP 23 *	10.3	14.5	0.71

La Tabla II. I-6; presenta los datos con los que se realizaron los cálculos correspondientes, por medio de la ecuación (7).

Tabla II. I-6 Toluca (Centro), cálculo de razón de semáforo

EMPi / Conexión	g	c	R_s
	[s]	[s]	n/a
Conexión EMP10-11 y EMP 1 *	34	120	0.28
Conexión EMP10-11 y EMP 2	63	120	0.53
Conexión EMP10-11 y EMP 3 *	34	120	0.28
Conexión EMP10-11 y EMP 4	60	120	0.50
Conexión EMP10-11 y EMP 5	60	120	0.50
Conexión EMP10-11 y EMP 9	71	114	0.62
Conexión EMP10-11 y EMP 18 *	26	114	0.23
Conexión EMP10-11 y EMP 19	43	114	0.38
Conexión EMP10-11 y EMP 20	44	120	0.37
Conexión EMP10-11 y EMP 21	44	120	0.37
Conexión EMP10-11 y EMP 22	44	120	0.37
Conexión EMP10-11 y EMP 23 *	27	120	0.23

*Nota: la conexión contiene hasta 3 semáforos; en este caso se considera el valor de la relación “g/c” como el producto de las relaciones individuales de cada semáforo, simplificando dicha relación a valores enteros de “g” y de “c”.

La *Tabla II. I-7 Toluca (Centro)*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. I-7 Toluca (Centro), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMP _i	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
EMP 10-11	1	1	1.00
EMP1	1	1	1.00
EMP2	1	1	1.00
EMP3	1	1	1.00
EMP4	1	1	1.00
EMP5	1	1	1.00
EMP9	1	1	1.00
EMP18	1	1	1.00
EMP19	1	1	1.00
EMP20	1	1	1.00
EMP21	1	1	1.00
EMP22	1	1	1.00
EMP23	1	1	1.00

La *Tabla II. I-8*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. I-8 Toluca (Centro); cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP10-11 y EMP 1	1.00	1.00	1.00	0.28	0.76
Conexión EMP10-11 y EMP 2	1.00	1.00	1.00	0.53	0.84
Conexión EMP10-11 y EMP 3	1.00	1.00	1.00	0.28	0.76
Conexión EMP10-11 y EMP 4	1.00	1.00	1.00	0.50	0.83
Conexión EMP10-11 y EMP 5	1.00	1.00	1.00	0.50	0.83
Conexión EMP10-11 y EMP 9	1.00	1.00	1.00	0.62	0.87
Conexión EMP10-11 y EMP 18	1.00	1.00	0.71	0.23	0.65
Conexión EMP10-11 y EMP 19	1.00	1.00	1.00	0.38	0.79
Conexión EMP10-11 y EMP 20	1.00	1.00	1.00	0.37	0.79
Conexión EMP10-11 y EMP 21	1.00	1.00	1.00	0.37	0.79
Conexión EMP10-11 y EMP 22	1.00	1.00	1.00	0.37	0.79
Conexión EMP10-11 y EMP 23	1.00	1.00	0.71	0.23	0.65

La *Tabla II. I-9*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. I-9 Toluca (Centro); cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP10-11 y EMP 1	1.00	0.76	1.00	0.92
EMP10-11 y EMP 2	1.00	0.84	1.00	0.95
EMP10-11 y EMP 3	1.00	0.76	1.00	0.92
EMP10-11 y EMP 4	1.00	0.83	1.00	0.94
EMP10-11 y EMP 5	1.00	0.83	1.00	0.94
EMP10-11 y EMP 9	1.00	0.87	1.00	0.96
EMP10-11 y EMP 18	1.00	0.65	1.00	0.88
EMP10-11 y EMP 19	1.00	0.79	1.00	0.93
EMP10-11 y EMP 20	1.00	0.79	1.00	0.93
EMP10-11 y EMP 21	1.00	0.79	1.00	0.93
EMP10-11 y EMP 22	1.00	0.79	1.00	0.93
EMP10-11 y EMP 23	1.00	0.65	1.00	0.88

II. II. Metepec (Plaza Galerías).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. II-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. II-1 Metepec (Plaza Galerías), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP1	1.0
EMP2	1.0
EMP3	1.0
EMP4	1.0
EMP5	1.0
EMP6	1.0
Conexión EMP1 y EMP 2	0.8
Conexión EMP1 y EMP 5	1.0
Conexión EMP1 y EMP 6	1.0
Conexión EMP2 y EMP 3	0.8
Conexión EMP2 y EMP 5	1.0
Conexión EMP2 y EMP 6	1.0
Conexión EMP3 y EMP 4	0.8
Conexión EMP3 y EMP 5	1.0
Conexión EMP4 y EMP 5	1.0
Conexión EMP5 y EMP 6	1.0

La *Tabla II. II-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. II-2 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de ancho medio

EMP _i / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		[m]
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		
EMP1	1.75	194									1.75
EMP2	2.0	300									2.00
EMP3	2.0	288									2.00
EMP4	2.0	300									2.00
EMP5	1.75	180	2.25	380	1.65	140	0	12	1.4	100	1.90
EMP6	2.15	340									2.15
Conexión EMP1 y EMP 2	2.0	16									2.00
Conexión EMP1 y EMP 5	1.75	165	2.0	16	2.0	150	1.3	120			1.72
Conexión EMP1 y EMP 6	1.3	120									1.30
Conexión EMP2 y EMP 3	2.0	46									2.00
Conexión EMP2 y EMP 5	1.3	120									1.30
Conexión EMP2 y EMP 6	1.3	120	1.4	110	2.15	26					1.43
Conexión EMP3 y EMP 4	2.0	52									2.00
Conexión EMP3 y EMP 5	2.0	52	2.0	80	2.0	120					2.00

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		[m]
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		
Conexión EMP4 y EMP 5	2.0	120									2.00
Conexión EMP5 y EMP 6	2.0	16									2.00

La *Tabla II. II-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. II-3 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/hr]
EMP1	1.75	2.5	0.48	2.10	n/a	n/a	126
EMP2	2.00	2.5	0.48	2.40	n/a	n/a	144
EMP3	2.00	2.5	0.48	2.40	n/a	n/a	144
EMP4	2.00	2.5	0.48	2.40	n/a	n/a	144
EMP5	1.90	2.5	0.48	2.28	n/a	n/a	137
EMP6	2.15	2.5	0.48	2.58	n/a	n/a	155
Conexión EMP1 y EMP 2	2.00	2.5	0.48	2.40	19	150	18
Conexión EMP1 y EMP 5	1.72	2.5	0.48	2.07	19	150	16
Conexión EMP1 y EMP 6	1.30	2.5	0.48	1.56	n/a	n/a	94
Conexión EMP2 y EMP 3	2.00	2.5	0.48	2.40	n/a	n/a	144

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/hr]
Conexión EMP2 y EMP 5	1.30	2.5	0.48	1.56	n/a	n/a	94
Conexión EMP2 y EMP 6	1.43	2.5	0.48	1.72	24	137	18
Conexión EMP3 y EMP 4	2.00	2.5	0.48	2.40	32	150	31
Conexión EMP3 y EMP 5	2.00	2.5	0.48	2.40	32	150	31
Conexión EMP4 y EMP 5	2.00	2.5	0.48	2.40	n/a	n/a	144
Conexión EMP5 y EMP 6	2.00	2.5	0.48	2.40	24	137	25

*Nota: la conexión contiene hasta 3 semáforos; en este caso se considera el valor de la relación “g/c” como el producto de las relaciones individuales de cada semáforo, simplificando dicha relación a valores enteros de “g” y de “c”.

La *Tabla II. II-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. II-4 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP1	0					194	1.00
EMP2	0					300	1.00
EMP3	0					288	1.00
EMP4	0					300	1.00
EMP5	12					812	0.99
EMP6	0					340	1.00

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	0					16	1.00
Conexión EMP1 y EMP 5	0					451	1.00
Conexión EMP1 y EMP 6	0					120	1.00
Conexión EMP2 y EMP 3	0					46	1.00
Conexión EMP2 y EMP 5	0					120	1.00
Conexión EMP2 y EMP 6	0					256	1.00
Conexión EMP3 y EMP 4	0					52	1.00
Conexión EMP3 y EMP 5	0					252	1.00
Conexión EMP4 y EMP 5	0					120	1.00
Conexión EMP5 y EMP 6	0					16	1.00

La *Tabla II. II-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. II-5 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	16	16	1.00
Conexión EMP1 y EMP 5	88	451	0.20
Conexión EMP1 y EMP 6	60	120	0.50
Conexión EMP2 y EMP 3	46	46	1.00

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP2 y EMP 5	60	120	0.50
Conexión EMP2 y EMP 6	64	256	0.25
Conexión EMP3 y EMP 4	52	52	1.00
Conexión EMP3 y EMP 5	60	252	0.24
Conexión EMP4 y EMP 5	60	120	0.50
Conexión EMP5 y EMP 6	16	16	1.00

La *Tabla II. II-6*, presenta los datos con los que se realizaron los cálculos correspondientes, por medio de la ecuación (7).

Tabla II. II-6 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de razón de semáforo

EMPi / Conexión	g	c	R_s
	[s]	[s]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	19	150	0.13
Conexión EMP1 y EMP 5	19	150	0.13
Conexión EMP1 y EMP 6	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP2 y EMP 3	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP2 y EMP 5	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP2 y EMP 6	24	137	0.18
Conexión EMP3 y EMP 4	32	150	0.21
Conexión EMP3 y EMP 5	32	150	0.21
Conexión EMP4 y EMP 5	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP5 y EMP 6	24	137	0.18

*Nota: la conexión contiene hasta 3 semáforos; en este caso se considera el valor de la relación “g/c” como el producto de las relaciones individuales de cada semáforo, simplificando dicha relación a valores enteros de “g” y de “c”.

La *Tabla II. II-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. II-7 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo

EMP

EMP _i	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
EMP 1	1	1	1.00
EMP 2	1	1	1.00
EMP 3	1	1	1.00
EMP 4	1	1	1.00
EMP 5	1	0.99	0.99
EMP 6	1	1	1.00

La *Tabla II. II-8*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. II-8 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	0.8	1.00	1.00	0.13	0.57
Conexión EMP1 y EMP 5	1.0	1.00	0.20	0.13	0.44
Conexión EMP1 y EMP 6	1.0	1.00	0.50	n/a	0.75

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP2 y EMP 3	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP2 y EMP 5	1.0	1.00	0.50	n/a	0.75
Conexión EMP2 y EMP 6	1.0	1.00	0.25	0.18	0.48
Conexión EMP3 y EMP 4	0.8	1.00	1.00	0.21	0.59
Conexión EMP3 y EMP 5	1.0	1.00	0.24	0.21	0.48
Conexión EMP4 y EMP 5	1.0	1.00	0.50	n/a	0.75
Conexión EMP5 y EMP 6	1.0	1.00	1.00	0.18	0.73

La *Tabla II. II-9*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. II-9 Metepec (Plaza Galerías), cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMP_i y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP1 y EMP 2	1.00	0.57	1.00	0.86
EMP1 y EMP 5	1.00	0.44	0.99	0.81
EMP1 y EMP 6	1.00	0.75	1.00	0.92
EMP2 y EMP 3	1.00	0.80	1.00	0.93
EMP2 y EMP 5	1.00	0.75	0.99	0.91
EMP2 y EMP 6	1.00	0.48	1.00	0.83
EMP3 y EMP 4	1.00	0.59	1.00	0.86
EMP3 y EMP 5	1.00	0.48	0.99	0.82
EMP4 y EMP 5	1.00	0.75	0.99	0.91
EMP5 y EMP 6	0.99	0.73	1.00	0.90

II. III. San Mateo Atenco (Centro).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. III-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. III-1 San Mateo Atenco (Centro), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP1	1.0
EMP2	1.0
EMP3	1.0
EMP4	1.0
EMP5	1.0
EMP6	1.0
Conexión EMP1 y EMP 2	0.8
Conexión EMP1 y EMP 3	0.8
Conexión EMP1 y EMP 4	0.8
Conexión EMP1 y EMP 5	0.8
Conexión EMP1 y EMP 6	1.0

La *Tabla II. III-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en

blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. III-2 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de ancho medio

EMP _i / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		
EMP1	1.7	170	0	150	2.6	85	2	85	1.85	90	1.46
EMP2	0	235	1	85	0.65	10	1.75	100	1.30	60	0.70
EMP3	1.3	170	0	150	1.75	170	1.1	60	0.75	30	1.05
EMP4	1.1	85	1.66	85	0	300	1.65	170			0.80
EMP5	1	170	1.28	110	0.41	40	9.2	65	3	105	2.53
EMP6	11.6	125	1.5	60	0.83	155					4.91
Conexión EMP1 y EMP 2	1.7	8									1.70
Conexión EMP1 y EMP 3	2	8	0	8							1.00
Conexión EMP1 y EMP 4	1.8	8									1.80
Conexión EMP1 y EMP 5	1.8	8	1.1	8							1.45
Conexión EMP1 y EMP 6	1.8	8	1.1	8	1.28	110	0.41	40	1.3	13	1.10

La *Tabla II. III-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. III-3 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP1	1.46	2.5	0.48	1.75	n/a	n/a	105
EMP2	0.70	2.5	0.48	0.84	n/a	n/a	51
EMP3	1.05	2.5	0.48	1.26	n/a	n/a	75
EMP4	0.80	2.5	0.48	0.97	n/a	n/a	58
EMP5	2.53	2.5	0.48	3.04	n/a	n/a	182
EMP6	4.91	2.5	0.48	5.89	n/a	n/a	353
Conexión EMP1 y EMP 2	1.70	2.5	0.48	2.04	n/a	n/a	122
Conexión EMP1 y EMP 3	1.00	2.5	0.48	1.20	n/a	n/a	72
Conexión EMP1 y EMP 4	1.80	2.5	0.48	2.16	n/a	n/a	130
Conexión EMP1 y EMP 5	1.45	2.5	0.48	1.74	n/a	n/a	104
Conexión EMP1 y EMP 6	1.10	2.5	0.48	1.32	n/a	n/a	79

*Nota: la conexión contiene hasta 3 semáforos; en este caso se considera el valor de la relación “g/c” como el producto de las relaciones individuales de cada semáforo, simplificando dicha relación a valores enteros de “g” y de “c”.

La *Tabla II. III-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. III-4 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP1	150					580	0.74
EMP2	85	150				490	0.52
EMP3	150					580	0.74
EMP4	150	150				640	0.53
EMP5	4					490	0.99
EMP6	0					340	1.00
Conexión EMP1 y EMP 2	0					8	1.00
Conexión EMP1 y EMP 3	0					16	1.00
Conexión EMP1 y EMP 4	0					8	1.00
Conexión EMP1 y EMP 5	0					16	1.00
Conexión EMP1 y EMP 6	0					179	1.00

La *Tabla II. III-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. III-5 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	8	8	1.00
Conexión EMP1 y EMP 3	11.3	16	0.71
Conexión EMP1 y EMP 4	8	8	1.00
Conexión EMP1 y EMP 5	11.3	16	0.71

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 6	175.7	179	0.98

La *Tabla II. III-6*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. III-6 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMPi	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
EMP 1	1	0.74	0.74
EMP 2	1	0.52	0.52
EMP 3	1	0.74	0.74
EMP 4	1	0.53	0.53
EMP 5	1	0.99	0.99
EMP 6	1	1.00	1.00

La *Tabla II. III-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. III-7 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP1 y EMP 3	0.8	1.00	0.71	n/a	0.68
Conexión EMP1 y EMP 4	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP1 y EMP 5	0.8	1.00	0.71	n/a	0.68
Conexión EMP1 y EMP 6	1.0	1.00	0.98	n/a	0.99

La *Tabla II. III-8*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. III-8 San Mateo Atenco (Centro), cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP1 y EMP 2	0.74	0.80	0.52	0.69
EMP1 y EMP 3	0.74	0.68	0.74	0.72
EMP1 y EMP 4	0.74	0.80	0.53	0.69
EMP1 y EMP 5	0.74	0.68	0.99	0.80
EMP1 y EMP 6	0.74	0.99	1.00	0.91

II. IV. Toluca (Central de Abasto).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. IV-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. IV-1 Toluca (Central de Abasto), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
Frontera de EMP1	1.0
EMP2	1.0
Frontera de EMP3	1.0
Conexión EMP1 y EMP 2	1.0
Conexión EMP2 y EMP 3	1.0

La *Tabla II. IV-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. IV-2 Toluca (Central de Abasto), cálculo de ancho medio

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		[m]
Frontera de EMP1	3.7	25									3.70
EMP2	9.4	45									9.40
Frontera de EMP3	3.2	70	1.6	5	2	3	2.5	8			3.00
Conexión EMP1 y EMP 2	3.2	7.5									3.20
Conexión EMP2 y EMP 3	1.5	62	2	42							1.70

La *Tabla II. IV-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. IV-3 Toluca (Central de Abasto), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
Frontera de EMP1	3.70	2.5	0.48	4.44	n/a	n/a	266
EMP2	9.40	2.5	0.48	11.28	n/a	n/a	677
Frontera de EMP3	3.00	2.5	0.48	3.60	n/a	n/a	216
Conexión EMP1 y EMP 2	3.20	2.5	0.48	3.84	n/a	n/a	230
Conexión EMP2 y EMP 3	1.70	2.5	0.48	2.04	n/a	n/a	122

La *Tabla II. IV-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. IV-4 Toluca (Central de Abasto), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
Frontera de EMP1	0					580	1.00
EMP2	0					490	1.00
Frontera de EMP3	0					580	1.00
Conexión EMP1 y EMP 2	0					640	1.00
Conexión EMP2 y EMP 3	0					490	1.00

La *Tabla II. IV-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. IV-5 Toluca (Central de Abasto), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	7.5	7.5	1.00
Conexión EMP2 y EMP 3	34	104	0.33

La *Tabla II. IV-6*; presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. IV-6 Toluca (Central de Abasto), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMPi	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
Frontera de EMP1	1	1.00	1.00
EMP2	1	1.00	1.00
Frontera de EMP3	1	1.00	1.00

La *Tabla II. IV-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. IV-7 Toluca (Central de Abasto), cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	1.0	1.00	1.00	n/a	1.00
Conexión EMP2 y EMP 3	1.0	1.00	0.33	n/a	0.67

La *Tabla II. IV-8*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. IV-8 Toluca (Central de Abasto), cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
		n/a	n/a	n/a
EMP1 y EMP 2	1.00	1.00	1.00	1.00
EMP2 y EMP 3	1.00	0.67	1.00	0.89

II. V. Toluca (Norte).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. V-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. V-1 Toluca (Norte), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	[n/a]
Frontera de EMP1	1.0
Frontera de EMP2	1.0
Conexión EMP1 - 2	1.0

La *Tabla II. V-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. V-2 Toluca (Central de Abasto), cálculo de ancho medio

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]	[m]	[m]								
Frontera de EMP1	3.7	90	10	44	1.5	80	0	100	1.7	150	2.47

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		[m]
Frontera de EMP2	3.2	460									3.20
Conexión EMP1 - 2	2.2	175									2.20

La *Tabla II. V-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. V-3 Toluca (Norte), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
Frontera de EMP1	2.47	2.5	0.48	2.96	n/a	n/a	178
Frontera de EMP2	3.20	2.5	0.48	3.84	n/a	n/a	230
Conexión EMP1 - 2	2.20	2.5	0.48	2.64	n/a	n/a	158

La *Tabla II. V-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. V-4 Toluca (Norte), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
Frontera de EMP1	100					460	0.78

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		
Frontera de EMP2	0					460	1.00
Conexión EMP1 - 2	0					175	1.00

La *Tabla II. V-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. V-5 Toluca (Norte), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP2 y EMP 3	100	175	0.57

La *Tabla II. V-6*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. V-6 Toluca (Norte), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMPi	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
Frontera de EMP1	1	0.78	0.78
Frontera de EMP2	1	1.00	1.00

La *Tabla II. V-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. V-7 Toluca (Norte), cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP1 y EMP 2	1.0	1.00	0.57	n/a	0.79

La *Tabla II. V-8*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. V-8 Toluca (Norte), cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP1 y EMP 2	0.78	0.79	1.00	0.86

II. VI. Toluca (Juzgados - Hospital).

Los datos que se presentan fueron obtenidos con ayuda de la herramienta cartográfica de INEGI (2018) y recorridos en campo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2018.

La *Tabla II. VI-1*, presenta el valor asignado a la existencia de espacio peatonal formal, considerando lo descrito por la ecuación (1).

Tabla II. VI-1 Toluca (Juzgados - Hospital), existencia de espacio peatonal

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
EMP 1	1.0
EMP 2	1.0
EMP 3	1.0
EMP 4	1.0
EMP 5	1.0
EMP 6	1.0
EMP 7	1.0
EMP 8	1.0
EMP 9	1.0
EMP 10	1.0
Conexión EMP 1 y EMP 2	0.8
Conexión EMP 2 y EMP 3	0.8
Conexión EMP 3 y EMP 4	0.8
Conexión EMP 4 y EMP 10	0.8
Conexión EMP 5 y EMP 6	0.8
Conexión EMP 6 y EMP 7	0.8

EMPi / Conexión	E_p
	n/a
Conexión EMP 7 y EMP 9	0.8

La *Tabla II. VI-2*, contiene los datos con los que se calculó el ancho medio de cada EMP y Conexión, según corresponde; la información se encuentra ordenada por tramos y cada tramo contiene 2 datos, la longitud del tramo y su respectiva anchura. Los espacios en blanco representan ausencia de variabilidad en la anchura de cada EMP o conexión; los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (2).

Tabla II. VI-2 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de ancho medio

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]	[m]									
EMP 1	2.4	220									2.40
EMP 2	4.5	100	14	100	2.4	55	1.7	40			6.95
EMP 3	2.4	110	2.0	350	0	40					1.93
EMP 4	0	100	2.2	220							1.51
EMP 5	0.5	100	2.4	140	3.7	185					2.52
EMP 6	2	60	1.7	40	5	80	3	50	2.2	145	2.82
EMP 7	3	205									3.00
EMP 9	3	225	2	100							2.69
EMP 10	2.7	145	0	65							1.86
Conexión EMP 1 y EMP 2	2.4	14									2.40
Conexión EMP 2 y EMP 3	2.4	25									2.40
Conexión EMP 3 y EMP 4	1	13									1.00

EMPi / Conexión	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		B
	b_i	l_i									
	[m]		[m]		[m]		[m]		[m]		[m]
Conexión EMP 4 y EMP 10	2.6	15	0	10							1.56
Conexión EMP 5 y EMP 6	3.7	10									3.70
Conexión EMP 6 y EMP 7	3	37									3.00
Conexión EMP 7 y EMP 9	2.7	25									2.70

La *Tabla II. VI-3*, contiene los datos con los que se calculó la capacidad de servicio; comienza con el ancho medio, el cual se calculó en la tabla anterior; posteriormente se utilizan los valores constantes descritos por Guío (2010) y se realizan los cálculos correspondientes con las ecuaciones (3) y (4).

Tabla II. VI-3 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de capacidad de servicio

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP 1	2.40	2.5	0.48	2.88	n/a	n/a	173
EMP 2	6.95	2.5	0.48	8.34	n/a	n/a	500
EMP 3	1.93	2.5	0.48	2.31	n/a	n/a	139
EMP 4	1.51	2.5	0.48	1.82	n/a	n/a	109
EMP 5	2.52	2.5	0.48	3.02	n/a	n/a	181
EMP 6	2.82	2.5	0.48	3.38	n/a	n/a	203
EMP 7	3.00	2.5	0.48	3.60	n/a	n/a	216

EMPi / Conexión	B	K	V_c	Q_s	g	c	C_s
	[m]	[Pe/m ²]	[m/s]	[Pe/s]	[s]	[s]	[Pe/min]
EMP 9	2.69	2.5	0.48	3.23	n/a	n/a	194
EMP 10	1.86	2.5	0.48	2.24	n/a	n/a	134
Conexión EMP 1 y EMP 2	2.40	2.5	0.48	2.88	n/a	n/a	173
Conexión EMP 2 y EMP 3	2.40	2.5	0.48	2.88	n/a	n/a	173
Conexión EMP 3 y EMP 4	1.00	2.5	0.48	1.20	n/a	n/a	72
Conexión EMP 4 y EMP 10	2.60	2.5	0.48	3.12	19	71	50
Conexión EMP 5 y EMP 6	3.70	2.5	0.48	4.44	n/a	n/a	266
Conexión EMP 6 y EMP 7	3.00	2.5	0.48	3.60	n/a	n/a	216
Conexión EMP 7 y EMP 9	2.70	2.5	0.48	3.24	18	62	56

La *Tabla II. VI-4*, presenta los datos con los que se calculó la razón de continuidad, donde cada tramo representa la longitud de la discontinuidad localizada en el espacio peatonal. Los cálculos correspondientes se realizaron con la ecuación (5).

Tabla II. VI-4 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de razón de continuidad

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	n/a
EMP 1	0					220	1.00
EMP 2	0					295	1.00
EMP 3	40					500	0.92
EMP 4	80					320	0.75
EMP 5	0					425	1.00

EMPi / Conexión	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	pf	R_c
	dh	dh	dh	dh	dh		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		
EMP 6	0					375	1.00
EMP 7	0					205	1.00
EMP 9	65					325	0.80
EMP 10	0					210	1.00
Conexión EMP 1 y EMP 2	0					14	1.00
Conexión EMP 2 y EMP 3	0					25	1.00
Conexión EMP 3 y EMP 4	0					13	1.00
Conexión EMP 4 y EMP 10	10					25	0.60
Conexión EMP 5 y EMP 6	0					10	1.00
Conexión EMP 6 y EMP 7	0					37	1.00
Conexión EMP 7 y EMP 9	0					25	1.00

La *Tabla II. VI-5*, presenta los datos con los que se calculó la razón de distancia en las conexiones entre los EMP, por medio de la ecuación (6).

Tabla II. VI-5 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de razón de distancia

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP 1 y EMP 2	14	14	1.00
Conexión EMP 2 y EMP 3	25	25	1.00
Conexión EMP 3 y EMP 4	13	13	1.00
Conexión EMP 4 y EMP 10	15	15	1.00

EMPi / Conexión	d_n	d_o	R_d
	[m]	[m]	n/a
Conexión EMP 5 y EMP 6	10	10	1.00
Conexión EMP 6 y EMP 7	37	37	1.00
Conexión EMP 7 y EMP 9	25	25	1.00

La *Tabla II. VI-6*, presenta los datos con los que se realizaron los cálculos correspondientes, por medio de la ecuación (7).

Tabla II. VI-6 Toluca (Juzgados - Hospital) cálculo de razón de semáforo

EMPi / Conexión	g	c	R_s
	[s]	[s]	n/a
Conexión EMP 1 y EMP 2	1	1	n/a
Conexión EMP 2 y EMP 3	1	1	n/a
Conexión EMP 3 y EMP 4	1	1	1.00
Conexión EMP 4 y EMP 10	19	71	0.27
Conexión EMP 5 y EMP 6	1	1	n/a
Conexión EMP 6 y EMP 7	1	1	n/a
Conexión EMP 7 y EMP 9	18	62	0.29

La *Tabla II. VI-7*, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de cada EMP analizado en la zona de estudio. Contiene la información correspondiente a existencia y continuidad del espacio peatonal y se calculó con la ecuación (7).

Tabla II. VI-7 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de la eficiencia morfológica del i-ésimo EMP

EMP _i	E_{pi}	R_{Ci}	E_{EMPi}
	[m]	[m]	n/a
EMP 1	1	1.00	1.00
EMP 2	1	1.00	1.00
EMP 3	1	0.92	0.92
EMP 4	1	0.75	0.75
EMP 5	1	1.00	1.00
EMP 6	1	1.00	1.00
EMP 7	1	1.00	1.00
EMP 9	1	0.80	0.80
EMP 10	1	1.00	1.00

La Tabla II. VI-8, presenta los datos con que se calculó la eficiencia morfológica de conexión entre EMP por medio de 3 variables de acuerdo con la ecuación (8).

Tabla II. VI-8 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de la eficiencia morfológica de conexión entre EMP

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP 1 y EMP 2	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP 2 y EMP 3	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP 3 y EMP 4	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP 4 y EMP 10	0.8	0.60	1.00	0.27	0.50
Conexión EMP 5 y EMP 6	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80
Conexión EMP 6 y EMP 7	0.8	1.00	1.00	n/a	0.80

Conexión	E_{pi}	R_{Ci}	R_d	R_s	E_c
	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Conexión EMP 7 y EMP 9	0.8	1.00	1.00	0.29	0.61

La *Tabla II. VI-9*, presenta los datos con que se realizan los cálculos correspondientes por medio de la ecuación (9), considerando las rutas o relaciones de pares de EMP previamente determinadas.

Tabla II. VI-9 Toluca (Juzgados - Hospital), cálculo de la eficiencia de interacción morfológica entre los EMPi y sus conexiones individuales

Interacción	E_{EMP1}	E_c	E_{EMP2}	E_{IM}
	n/a	n/a	n/a	n/a
EMP 1 y EMP 2	1.00	0.80	1.00	0.93
EMP 2 y EMP 3	1.00	0.80	0.92	0.91
EMP 3 y EMP 4	0.92	0.80	0.75	0.82
EMP 4 y EMP 10	0.75	0.50	1.00	0.75
EMP 5 y EMP 6	1.00	0.80	1.00	0.93
EMP 6 y EMP 7	1.00	0.80	1.00	0.93
EMP 7 y EMP 9	1.00	0.61	0.80	0.80

PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

