



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

TESIS DE GRADO

***“La ciclovia como movilidad sustentable;
una propuesta mediante el análisis espacial
con geotecnologías, caso de estudio Zona
Urbana de Toluca.”***

Presenta:

Michael Mc Millán Lagunas

Tutor académico:

Dra. Raquel Hinojosa Reyes

Tutores adjuntos:

Dr. Fernando Carreto Bernal

Dr. Alan Noe Jim Carrillo Arteaga

Octubre de 2018



Resumen

El análisis espacial ha evolucionado en las últimas décadas, esto gracias al avance de la geotecnología, en consecuencia, también las propuestas de desarrollo territorial y el enfoque de estudios hacia ciudades, derivado de esto existen diversas investigaciones en temas geoespaciales como lo es el de movilidad en áreas urbanas.

La ciudad de Toluca implementó un sistema de bicicletas de renta, el cual parece parcialmente establecido debido a la falta de infraestructura relacionada con una ciclovía, derivado de esto, se realizó un estudio geoespacial de la zona urbana de Toluca considerando diferentes factores como los físicos, sociales, económicos y de accesibilidad, con la finalidad de generar una propuesta de mejora para la ciclovía, prestando especial atención al problema de movilidad urbana.

El método de análisis espacial utilizado se basó en el enfoque geoestadístico, que considera cinco factores: a) análisis exploratorio de datos espaciales, b) autocorrelación espacial, c) agrupaciones espaciales, d) filtros espaciales, e) variograma y kriging. Obteniendo con ello mapas temáticos con inferencia de resultados del análisis de datos espaciales realizado para identificar las zonas de mayor actividad urbana y poder generar escenarios de propuesta.

Como resultado se obtuvo un escenario de la red de ciclovía, considerando todas las zonas de alta actividad urbana, dicha red se evaluó en términos de conectividad, cobertura y accesibilidad. Se puede concluir que la propuesta generada, considera las condiciones de infraestructura necesarias en términos de seguridad, cobertura y equipamiento, dando prioridad a los ciclistas, para fortalecer la movilidad sustentable en la zona urbana de Toluca.

Palabras Clave: análisis espacial, geotecnologías, geoestadística, ciclovía, movilidad sustentable.



Introducción.....	4
a) Relevancia del tema.....	4
b) Planteamiento del problema.....	6
c) Hipótesis.....	8
d) Objetivos.....	8
e) Revisión crítica de la literatura.....	9
Capítulo I Marco Teórico.....	14
1.1. Ciencia espacial.....	14
1.1.2. Movimiento, estructuras espaciales y geometría del movimiento.....	16
1.2. Análisis de redes y flujos.....	18
1.3. Análisis espacial.....	21
1.3.1. Las herramientas técnicas y el análisis espacial.....	22
1.3.2. Las técnicas cualitativas.....	23
1.3.3. Las técnicas cuantitativas.....	23
1.3.4. Las representaciones graficas.....	25
1.3.5. Los Sistemas de Información Geográfica.....	26
1.4. Del desarrollo sustentable a la movilidad sustentable.....	28
1.4.1. Principios de Movilidad Sustentable.....	29
1.4.2. El concepto de movilidad Sustentable.....	30
1.4.3. Objetivos para una Movilidad Sustentable.....	31
Capitulo II Marco Metodológico.....	34
2.1. Técnica de diagnóstico para componentes físicos, demográficos y socioeconómicos.....	34
2.1.1 Condiciones físicas.....	34
2.1.2. Condiciones demográficas.....	35
2.1.3. Infraestructura ciclista.....	37
2.1.4. Reglamentación y normatividad para movilidad ciclista....	37
2.1.5. Condiciones socioeconómicas.....	38
2.2. Técnica de aforo y diseño de encuesta.....	39



2.2.1. Metodología para conteo ciclista.....	39
2.2.2. Diseño de encuestas para percepción social.....	41
2.3. Método de análisis espacial.....	44
2.3.1 Análisis exploratorio de datos espaciales.....	45
2.3.2. Auto correlación espacial.....	46
2.3.3. Agrupaciones espaciales o Cluster.....	46
2.3.4. Filtros espaciales.....	47
2.3.5. Variograma y Kriging.....	48
Capitulo III Diagnostico y Análisis espacial de la Zona Urbana de Toluca.....	50
3.1. Factores físicos de la ZUT, relieve, temperatura y precipitación.....	51
3.2. Análisis espacial de las condiciones demográficas.....	55
3.3. Análisis de las condiciones de la ciclovía actual.....	57
3.3.1. La ciclovía actual.....	57
3.3.2. Infraestructura ciclista.....	60
3.2.4. Reglamentación legal para la movilidad Ciclista.....	64
3.4. Atractores, generadores y accesibilidad a la ciclovía.....	66
3.5 Análisis multi-criterio.....	69
Capitulo IV Resultados.....	72
4.1. Resultados de la encuesta de percepción ciclista.....	75
4.2. Resultados del aforo ciclista.....	78
4.3. Propuesta de ciclovía.....	82
4.4. Alcance de la propuesta de ciclovía.....	88
Conclusiones.....	91
Bibliografía.....	96



Introducción

a) Relevancia del tema.

La llegada del siglo XXI, ha puesto de manifiesto la importancia y prevalencia de la vida urbana. Más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, por lo que resulta indispensable analizar cómo funcionan los centros urbanos, cómo vivimos, cómo trabajamos y cómo nos desplazamos, porque dependiendo de ello toman forma las ciudades y sus áreas metropolitanas. (GOBCDMX, 2012).

Desde un enfoque ciudadano las tendencias de movilidad en un plano internacional evolucionaron, ahora las ciudades en México y América Latina le están apostando a construir infraestructura ciclo inclusiva, sustentable. El enfoque está altamente ligado con el usuario a través de la funcionalidad, seguridad y conectividad de los espacios, acorde con las necesidades y dinámicas diarias de los habitantes (IMPLAN, 2010).

La bicicleta como medio de transporte en las ciudades está ampliamente distribuida por todo el mundo, dadas sus características adaptables al medio urbano, ya que minimiza la ocupación de espacio vial, facilita el transporte intermodal, no contamina y puede llegar a ser el medio de transporte más rápido puerta a puerta para distancias inferiores a 10km en ciudades congestionadas (Guzmán, 2005).

Actualmente nadie pone en duda las ventajas de la bicicleta y los beneficios de su uso, además con su presencia las calles se vuelven más humanas y transitables, los beneficios ambientales, económicos y sociales del uso de la bicicleta como medio de desplazamiento y ocio, han sido reconocidas por instituciones nacionales e internacionales, las cuales en reiteradas ocasiones han exhortado a las administraciones públicas a promocionar e incentivar de forma activa este vehículo, como parte impredecible de cualquier estrategia de transporte que aspire a la



movilidad sustentable, esto implica una mayor equidad y recuperación del espacio público para la totalidad de la ciudadanía (GOBCDMX, 2012)

La investigación es relevante ya que prácticas en el ámbito mundial han demostrado que el uso de la bicicleta contribuye también al mejoramiento en la calidad de vida en las ciudades, sobre todo en aquellas que adoptan políticas públicas de fomento al uso de la bicicleta en conjunto con el transporte público masivo. (CMM, 2014)

Es importante para efectos de esta investigación considerar la bicicleta como vehículo preferente ya que la distancia de la mayoría de los desplazamientos es reducida, la alta proporción de la población que sabe montar en bicicleta y la imagen de elemento favorable a la salud de la que goza este vehículo entre los ciudadanos, son elementos que dan cuenta del potencial latente que posee el uso de la bicicleta, siempre y cuando se atienda a los elementos que hoy en día disuaden de su uso. (MNB, 2014)

El uso de la bicicleta permite el traslado de los ciudadanos de manera cómoda, efectiva, rápida, económica, saludable y ecológica. La Zona Urbana de Toluca tiene un potencial ciclista importante por sus características físicas y de estructura urbana (CMM, 2014).

La creación de un marco que permitiera el incremento del uso de la bicicleta en sus distintas vertientes (deportiva, recreativa o como medio de transporte cotidiano), haciéndola más segura y debidamente combinada con los sistemas de transporte público (intermodal), aseguraría a la ciudadanía una movilidad y accesibilidad fácil y eficaz.



b) Planteamiento del problema.

Debido a la necesidad de proporcionar espacios seguros para circular en bicicleta, reducir la contaminación del aire y generar una atmósfera de convivencia vial fundamentada en el respeto y la consideración por los distintos modos de transporte, la Zona Urbana de Toluca cuenta con una ciclovía, la cual puede mejorar y cumplir con dichas necesidades (MTO, 2012).

En términos de libertad, una actividad socialmente nociva debe tener un precio en consecuencia con el daño que se genera. En unos casos se paga con la limitación de la libertad (prohibición de circulación en determinadas zonas y horas), en otros con restricciones de espacio, reservando carriles para transporte colectivo o no contaminante, y en otros más pacificando el tráfico con límites más bajos de velocidad máxima permitida o con peajes de acceso central de la ciudad. (MNB, 2014)

Un estudio realizado por el Centro Mario Molina en 2014 señala que la mayoría de los viajeros de Toluca, afirman estar dispuestos a utilizar una bicicleta si se dieran adecuadas condiciones de infraestructura y seguridad. Esto debido a que solo el 7% de los viajes se realizan a pie o bicicleta, quizá es una razón por la cual el número de estos viajes en bicicleta es tan bajo es porque no existen las condiciones para utilizarla como modo de transporte cotidiano (CMM, 2014).

Por otro lado según el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018 los habitantes en la ciudad de Toluca viven la problemática de los flujos vehiculares intensos, sobre todo en las vialidades primarias y secundarias, debido a la concentración de actividades en la zona urbana, aumentando en las horas pico, que según (Serrano J. A., 2015) son principalmente motivos laborales y educativos.



Derivado de esta situación existe también una fuerte pérdida de productividad horas/ hombre, si se considera la cantidad de tiempo invertido en el transporte de los habitantes metropolitanos (Serrano J. A., 2015).

El tránsito vehicular intenso y concentrado en horarios, es causa de la acumulación de emisiones nocivas a la salud, esto reflejado en el incremento y concentración de CO₂ y otros gases. Además un estudio realizado por la (OMS, 2016) determinó que Toluca es la segunda ciudad más contaminada del país, después de Monterrey al registrar un promedio de 80ppm que significa una mala calidad del aire, la cual según el Índice de Metropolitano de Calidad del Aire, de llegar a 120ppm sería muy mala calidad y conforme a Secretaria de Salud estaría entrando a pre contingencia.

De acuerdo a la Encuesta de Percepción de Movilidad y Pautas de Comportamiento realizada durante este estudio en la zona conurbada de Toluca, el 76% de la población utiliza el transporte público, de los cuales el 65% está insatisfecho del servicio, principalmente por la mala imagen y comportamiento vial del conductor, además el deterioro de las unidades; 43% de las cuales tienen más de diez años de antigüedad (CMM, 2014).

De esta manera se puede concluir que el transporte público se utiliza más por necesidad que por comodidad y por no contar otras opciones de movilidad.

El efecto más reciente de las ineficiencias del transporte público es el emergente servicio de taxi colectivo, que es el modo principal de transporte para 11% de los habitantes de la zona urbana de Toluca, y genera una competencia desleal contra el transporte público concesionado, además de los aumentos constantes en las tarifas (CMM, 2014) esto genera incomodidad e inseguridad a la población femenina. En contraparte, el 7% de los viajes se realizan a pie o en bicicleta, cuando debería de ser el de mayor uso.



El efecto negativo causado por todas estas problemáticas impactan no solamente en la movilidad urbana sino también en la productividad, la contaminación ambiental, la salud, el gasto público de mantenimiento y el individual entre otros, los cuales podrían disminuir a través del uso de la bicicleta como movilidad sustentable (MNB, 2014).

c) **Hipótesis**

¿Qué está impidiendo que actualmente la población de la Zona Urbana de Toluca se transporte utilizando la bicicleta?

La movilidad sustentable a través de la bicicleta se ha visto afectada por la falta de infraestructura, conectividad y equipamiento en las principales áreas de actividades de la población dentro de la Zona Urbana de Toluca.

No existe un marco legal que regule el tránsito de ciclistas y su relación con los demás vehículos automotores, que incluya sanciones y regulaciones.

Hace falta una propuesta basada en una metodología bien estructurada que resulte en un proyecto alcanzable, para mejorar la movilidad sustentable a través del uso de la bicicleta.

d) **Objetivos de la investigación.**

Objetivo general: Desarrollar la propuesta de mejora de la ciclovía mediante el análisis espacial y de redes, para fortalecer el uso de la bicicleta como movilidad sustentable en la Zona Urbana de Toluca.

Objetivos particulares:

- Fundamentar el estudio de la ciclovía a través de la ciencia espacial, el análisis espacial y la movilidad sustentable,



considerando el análisis de redes, la teoría de grafos y los sistemas de información geográfica, para otorgarle una validación científica a la presente investigación.

- Enunciar la metodología del diagnóstico para componentes físicos, demográficos y socioeconómicos, las técnicas de aforo y encuestas, así como el método de análisis espacial que se utilizó para evaluar y proponer la mejora a la ciclovía, en términos de conectividad, cobertura y accesibilidad.
- Elaborar el diagnóstico y el análisis espacial, basado en la metodología así como la elaboración de cartografía temática, gráficos, encuestas, aforo ciclista, análisis geoestadístico y análisis multi-criterio para las diferentes variables económicas, sociales, naturales y de infraestructura.
- Examinar los resultados obtenidos para diseñar la propuesta de una red de ciclovía en la zona de estudio, que considera las condiciones de infraestructura necesarias en términos de seguridad, cobertura y equipamiento.

e) Revisión crítica de la literatura.

El fomento de la movilidad ciclista es uno de los pilares de la movilidad sostenible (European Comission, 2006; OECD, 2004). La bicicleta se establece como un modo de transporte que si bien no puede resolver todos los problemas que el tráfico genera en las ciudades, si puede ser un gran aliado para brindar una oferta más eficiente para viajes de distancias medias en el centro de las ciudades, precisamente donde la congestión y sus problemas derivados se hacen más notables (Heredia, 2014).

En las tres últimas décadas muchas ciudades han implementado programas para favorecer el uso de la bicicleta con resultados dispares,



derivado de esto se encuentran ciudades asiáticas y del norte de Europa donde el uso de la bicicleta es masivo, frente a ciudades americanas y del sur de Europa donde el esfuerzo por impulsar la bicicleta no termina de establecerse, mucho menos en México (Heredia, 2014).

La literatura científica que analiza esta cuestión es bastante extensa, sin embargo, pocos son los trabajos que analizan el problema de una forma integral, se encuentran estudios que se han centrado en identificar las barreras al uso de la bicicleta o se han enfocado en conocer la valoración de los factores asociados al uso de la bicicleta con la finalidad de entender las bases del comportamiento del ciclista (Heinen et al., 2010).

Otros estudios se han centrado más en los factores y variables que determinan la decisión de usar o no la bicicleta, de esa manera se obtienen las claves de la decisión modal de la bicicleta frente a otros modos de transporte, se puede tener una orientación de cuáles pueden ser las políticas más adecuadas para establecer las mejores condiciones para su uso (Barnes y Krizek, 2005).

Esta experiencia acumulada no ha terminado de establecerse en políticas efectivas en muchos países donde la bicicleta es un modo de transporte secundario sin importancia (Buehler, 2008). Esta situación ha sido destacada por varios autores que han encontrado posibles explicaciones en condiciones poco favorables de las propias ciudades (Duncan, 2003), en condiciones climáticas adversas o bien en una falta de cultura del uso de la bicicleta.

El término cultura del uso de la bicicleta no ha sido definido de forma exacta, sin embargo, es un argumento recurrente para explicar por qué determinadas políticas no funcionan en determinados países (Bonham y Koth, 2010). Pucher y Buehler (2008) han señalado que muchos de estos condicionantes o barreras culturales no son tan determinantes, realizando análisis comparados que muestran cómo ciudades con condiciones topográficas, territoriales o climáticas más adversas que otras tiene un uso



mayor de la bicicleta, incluso dentro de los mismos países o culturas semejantes.

Otros autores (Alfred, 2013; Daley y Rissel, 2011; Steinbach et al., 2011) revelan que el uso de la bicicleta se caracteriza por ser una conducta que engloba dimensiones más allá del simple disponer, usar y mantener en buen estado un vehículo a tracción muscular: implica acciones, significados, valores, reglas, artefactos y competencias que se pueden englobar en un paquete no disociable que define el actor y su práctica de montar en bicicleta de manera peculiar dentro de un mismo contexto cultural.

Así, por ejemplo, ha habido estudios (Titze et al., 2008; Vandenbulcke et al., 2011) que han identificado empíricamente la influencia de factores que operan a una escala más allá de la individual y que apuntan un papel importante al contexto socio-cultural en el cual el uso de la bicicleta se manifiesta.

La mayoría de los análisis demuestran cierta parcialidad que impide encontrar respuestas, el simple conocimiento de las barreras al uso de la bicicleta, de la percepción de este modo por los usuarios, de las características urbanas idóneas o del mecanismo de elección modal no son suficientes para explicar por qué se comienza a usar la bicicleta en una ciudad donde antes no se hacía (Heredia, 2014).

Muchas cosas quedan fuera que pueden ser determinantes en este proceso: el apoyo institucional, nuevas políticas de movilidad, transformaciones culturales que generan nuevas interpretaciones del hecho de desplazarse, cambios en las condiciones materiales de la ciudadanía, etc. Ni unas ni otras pueden explicar el fenómeno por sí mismas (Heredia, 2014).



En Europa, una de las ciudades con mayor interés al uso de la bicicleta, son:

- El circuito ciclístico de Londres está tomando forma alrededor de la capital, con cerca de 2000 millas (3000 Km.) de rutas planeadas. Las facilidades para el ciclismo están siendo puestas sobre las calles y las rutas están siendo marcadas. Cerca de 800 millas (1350 Km.) de rutas ciclísticas fueron completadas al comienzo del 2001.
- La bicicleta es uno de los principales medios de transporte en Copenhague. La ciudad está pensada para la bicicleta. Casi todas las grandes calles de la ciudad disponen de carriles especiales y, en las que no existen, los conductores respetan al ciclista como si estuviera conduciendo otro coche, lo que hace cada recorrido fácil y seguro.
- En Bizkaia pusieron en práctica lo que denominan la “Estrategia de las 3D: Diseño-Demostración-Difusión” y que consiste en el desarrollo de medidas y actuaciones que, partiendo de previsibles y razonables garantías de éxito, sean demostrativas de los distintos campos de trabajo a desarrollar (municipales, desarrollo de ejes, empresas, colectivos específicos) y permitan, a través de su implementación, mejorar y extender su aplicación a nuevos ámbitos, sentando las bases y experiencias necesarias para ir dando cuerpo y contenido a la planificación futura (Guzman, 2005).

La bicicleta ha venido ganando adeptos en los últimos años, en gran parte de Europa y Estados Unidos, sin dejar a un lado a China, que ha utilizado este medio de transporte por décadas.

Holanda ha sido pionero en este aspecto, seguido de otros países como Dinamarca, Alemania, España e Inglaterra; que han decidido adoptar políticas comprensivas de transporte en bicicleta como modos alternativos y sostenibles de movilización urbana.



Tabla 1: Comparación de los países que más usan la bicicleta como medio de transporte

País	%de recorridos urbanos	Ciclo rutas en Km
Holanda	40	10000
Dinamarca	30	3500
Alemania	10	15500
Ciudad de México	2	170

Fuente: (Guzman, 2015, CDMX GOB 2015)



Capítulo I Marco Teórico-Methodológico

La elaboración del marco teórico es fundamental en todo proceso de investigación, pues es el que orienta y guía dicho proceso, ya que nos permite reunir, depurar y explicar los elementos conceptuales, teorías existentes sobre el tema a estudiar, en este caso en temática de movilidad sustentable, explicado mediante el análisis espacial (García, 2018).

Se analizaron y describieron las teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general que se consideraron válidos para el correcto encuadre de un estudio; todo esto basado en la “Geografía como ciencia Espacial”, la cual es útil porque describe, explica y predice el fenómeno en un espacio definido, además organiza el conocimiento al respecto y orienta la investigación que se lleva a cabo sobre la movilidad sustentable, el análisis espacial y la ciclovía (Delgado, 2010).

De esta manera se adentró de manera real y profunda en la actividad científica con el fin de encontrar el sentido de la investigación, previa a toda experimentación dentro de este proceso (García, 2018).

1.1. Ciencia espacial

El concepto de ciencia espacial surge de la combinación entre varios enfoques, no solo geógrafos sino también de otras ciencias, en particular desde las ciencias sociales y naturales individuales, dicho concepto se integró en las características intrínsecas de la geografía, las cuales son el producto del esfuerzo humano para conocer y entender las combinaciones de fenómenos tal como existen en interrelación espacial en su mundo (Delgado, 2010).

Estas características, por tanto, son independientes de cualquier concepto particular de la materia; más bien forman el hecho empírico en el que un concepto sólido debe basarse, la aceptación de “ciencia espacial” no es



de ningún modo esencial para trabajar en geografía, pero tiene valor para los estudiosos que desean comprender la naturaleza del campo en el que trabajan en relación y en comparación con los demás campos del conocimiento (Delgado, 2010).

En particular, los geógrafos han observado desde los primeros tiempos que el trabajo en su materia es distinto al de muchas otras ciencias en los siguientes aspectos:

- a) El hecho de que la geografía no tiene una categoría particular de objetos o de fenómenos como materia específica de estudio, sino que estudia multitud de cosas heterogéneas en la medida en que están integradas en áreas.
- b) La geografía no se puede clasificar como una ciencia natural o social, ni simplemente como un puente entre los dos grupos, sino que más bien debe estudiar combinaciones en las que los dos tipos de fenómenos estén íntimamente entremezclados.
- c) El estudio en geografía requiere el uso de dos métodos de estudio marcadamente distintos: el examen sistemático de ciertas categorías de relaciones en todo el mundo o en una parte muy amplia de éste, en geografía general o sistemática, y el estudio de la totalidad de fenómenos interrelacionados en áreas particulares, en geografía especial o regional.
- d) Mientras que la geografía, igual que todas las demás ciencias, está interesada por el desarrollo y la aplicación de conceptos genéricos y principios generales o leyes científicas, es como la historia, en el sentido de que también está interesada en alto grado por el conocimiento y la comprensión de casos individuales y únicos.

Con este fundamento se consolida la base de la presente investigación, retomando el enfoque de la geografía, desde la ciencia espacial, en donde los fenómenos son estudiados en un lugar determinado, en este caso el



fenómeno es la movilidad a través del uso de la bicicleta y los fenómenos que se involucran a su alrededor, para posteriormente analizar los comportamientos también llamados: movimientos, estructuras espaciales y geometría del movimiento.

1.1.2. Movimiento, estructuras espaciales y geometría del movimiento

El tema del movimiento de personas, de mercancías o de información sobre la superficie terrestre es uno de los temas dominantes en el discurso de la ciencia espacial, de modo que las preguntas sobre el mismo, sobre su estructuración y sobre la forma de representarlo y explicarlo ocupan buena parte de las tareas de los geógrafos (Ronald Abler, 1972).

Los movimientos, de todo tipo, crean estructuras espaciales que una vez establecidas tienen gran influencia en los movimientos subsecuentes, tal como ocurre con las migraciones que redistribuyen la población en un período, y de esa forma inciden en los movimientos siguientes de la misma o en la distribución espacial de centros comerciales en una ciudad, que afecta la localización de nuevos centros (Ronald Abler, 1972).

Para esta investigación la movilidad por distintos modos de transporte generan la estructura espacial en la que se desenvuelven las personas, dentro de la zona urbana.

Según Abler, Adams y Gould (1972) Los planteamientos fundamentales son los siguientes:

- a) Las estructuras espaciales están recíprocamente asociadas a los procesos de movimiento. Todos los movimientos de personas, mercancías o información se dan entre nodos y a través de redes.
- b) El movimiento se realiza siguiendo la ley del mínimo esfuerzo. Las cosas se mueven en la naturaleza para alcanzar una meta



haciendo el menor esfuerzo, y los movimientos ocurren por la ruta más fácil. En el espacio, el menor esfuerzo se traduce en la reducción de la distancia para ir de un lugar a otro o en rebajar el costo de mover los objetos; es decir, se persigue la optimización del movimiento.

- c) El movimiento se estructura en patrones espaciales de movimiento que generan redes. Es posible descubrir cómo se mueven las cosas y establecer las leyes del movimiento, y por esta vía predecir y controlar eventos sociales y naturales. Al descubrir un principio que gobierne muchos movimientos es posible considerar todas las implicaciones de dicho principio.
- d) La principal preocupación de la sociedad es si las estructuras espaciales del movimiento, es decir, las redes, permiten el flujo eficiente de personas, bienes y mensajes, en condiciones de bajo costo, precisión, velocidad y confort. Por eso es pertinente la pregunta sobre cómo aumentar la eficiencia de las redes existentes, o cómo diseñar redes óptimas para rebajar los costos de operación de los usuarios, como tal este es el caso específico de optimizar la movilidad sustentable mediante la ciclovía.
- e) Para dar respuesta a las preguntas anteriores es necesario construir modelos normativos contra los cuales comparar las redes y los patrones de movimientos existentes. El grado de coincidencia entre los patrones observados y los modelos normativos constituye una medida de la eficiencia de tales patrones, dichos modelos pueden generarse a través de la geotecnología con la que hoy en día se cuenta.



1.2. Análisis de redes y flujos

Los modelos de movimiento se construyen con puntos, líneas, áreas y volúmenes, que son la base del lenguaje cartográfico con el que se elaboran los distintos tipos de mapas, pero las técnicas que se utilizan para describir las distribuciones espaciales, como los mapas de puntos, de isopletas o de coropletas, no son adecuadas, dado su carácter de representaciones estáticas que no permiten mostrar el dinamismo del movimiento (Delgado, 2010).

Incluso los mapas de flujo, que representan orígenes, destinos y magnitud del movimiento no logran satisfacer las necesidades aludidas, pues no se puede representar en ellos el cambio de los flujos a través del tiempo esta situación, que muestra las limitaciones representativas y analíticas de la cartografía convencional para hacer análisis de redes y de flujos en el dicho problema fue resuelto acudiendo a formas más efectivas como las ofrecidas por la teoría de grafos (Delgado, 2010).

Haggett y Chorley (1969) definieron las redes como un conjunto de localizaciones geográficas interconectadas en un sistema por un número de rutas, y desarrollaron ampliamente el análisis de redes teniendo como base la consideración de que los distintos sistemas funcionales de flujos, de los que se ocupan tanto los geógrafos físicos como los geógrafos humanos, tienen en común la propiedad fundamental de que ocurren a través de un canal o de una red de canales.

Su estudio comienza con el reconocimiento de las redes tal y como existen en el mundo real y con el análisis de su estructura espacial en términos de sus componentes topológicos y geométricos, para luego proceder a su evaluación y optimización, y al análisis de su crecimiento y transformación en el tiempo.

Para el análisis de las redes (Abler, Adams y Gould, 1972) se desarrollaron algunas medidas de la estructura de una red y sus



posibilidades de flujo, y se implementaron técnicas para medir la estructura de una red y la localización relativa de los lugares dentro de ella.

Estas medidas permiten la comparación de una red con otra en la misma región o en otra diferente, a la vez que la contratación de una red empírica con una red normativa es considerada como medio idóneo para establecer el grado de ajuste de la realidad a los modelos de perfección o ideales, que en la presente investigación se define como escenario ideal.

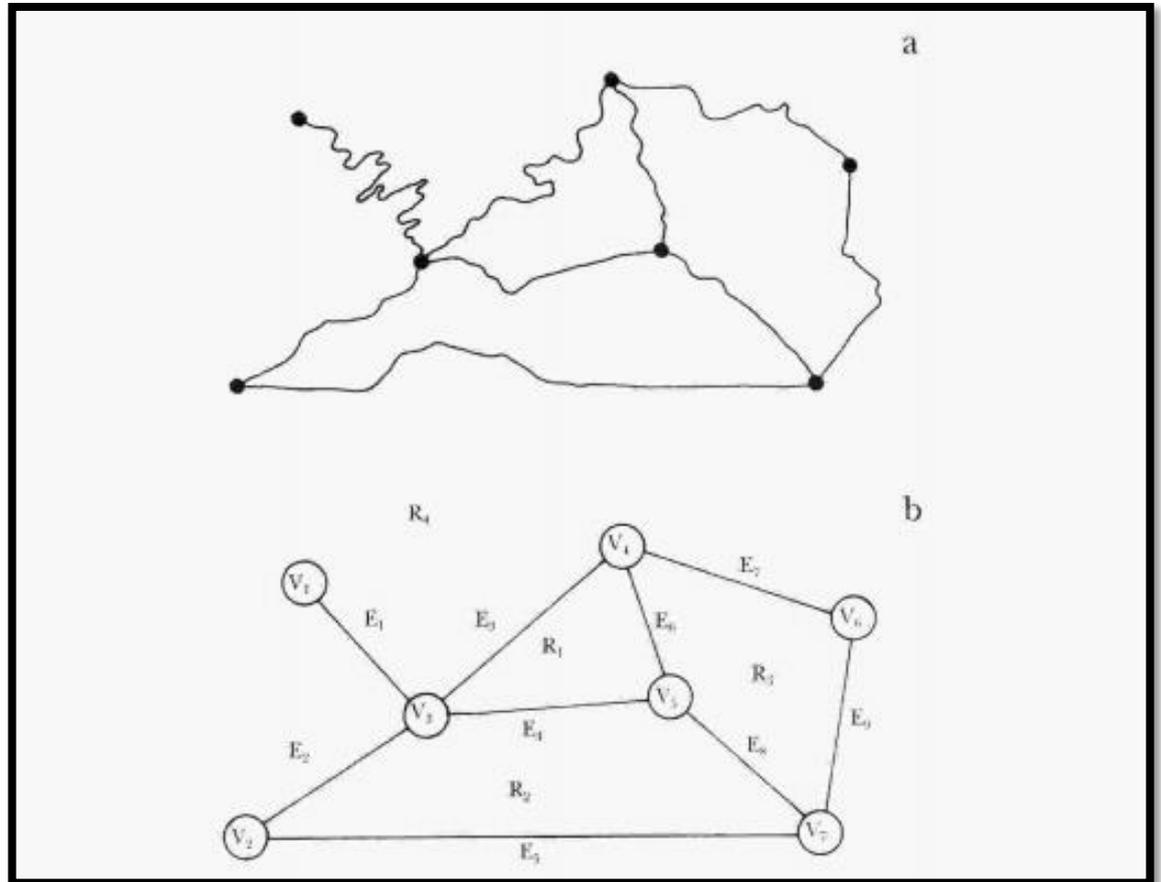
Una de las formas más elementales del análisis de redes y flujos es la reducción de una red a un grafo, la teoría de grafos es una rama de la topología ampliamente desarrollada a partir de los años cuarenta del siglo XX (Haggett y Chorley, 1969). Los grafos y sus respectivas matrices permiten representar una red de transportes completa y sus partes como un sistema total.

Un grafo está constituido por bordes que representan rutas y vértices que indican nodos o lugares, de este modo los grafos tienen muchas propiedades en común con las redes de transporte, como que:

- Cada red tiene un número finito de lugares.
- Cada ruta conecta dos lugares diferentes.
- Un par de lugares es conectado por una sola ruta.
- Las rutas permiten el movimiento en doble vía (doble sentido).

En un grafo, una ruta conecta dos lugares, y un curso o una trayectoria es el conjunto de rutas que conecta una serie de lugares diferentes, es decir, en términos topológicos, el número de rutas del grafo (Haggett & Chorley, 1969).

Figura 1. Transformación de un mapa en una red de transportes (a) en un grafo (b).



Fuente: (Haggett y Chorley 1969).

La distancia topológica entre dos lugares es la longitud de la trayectoria más corta entre los dos, el número asociado de un nodo es la distancia topológica de ese nodo al nodo más lejano de la red, de modo que cada nodo tiene un número asociado y, topológicamente, el lugar más central en una red es el lugar con menor número asociado, y el mayor número asociado constituye el diámetro de la red (Haggett & Chorley, 1969)

Utilizando estos conceptos y su definición es posible establecer qué tan bien conectados están los lugares en una red y cuál es la localización relativa o accesibilidad de los diferentes nodos.



Basado en esta perspectiva espacial se determinó la importancia de su análisis, enfocado a las técnicas específicas con las que se realizó la investigación

1.3 Análisis espacial

Según Gamir, et al (1995), citando a la Real Academia de la Lengua Española, el análisis se define como la “distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos”, en Geografía el todo se debe asimilar al espacio geográfico en su conjunto y sus partes, tal como lo describe la ciencia espacial, incluyen variables territoriales (abióticas, bióticas, socioeconómicas, etc.) u objetos geográficos que sobre él confluyen.

A partir de ello podemos afirmar que el análisis espacial, se centra en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera como éstos se comportan bajo ciertas condiciones. Para esto, el análisis espacial se vale de un conjunto de herramientas técnicas que, de acuerdo con lo anterior, sólo pueden dar respuesta a una parte de la dinámica del espacio, mas no a su totalidad (Madrid & Ortiz, 2002).

Bosque (1992) es mucho más específico en tanto define el análisis espacial como “el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que se considera de alguna manera, sus características espaciales”.

Ahora bien, a pesar de las discusiones surgidas entre los seguidores de las ciencias histórico-hermeneúticas, los seguidores de las ciencias empírico-analíticas y aquellos que optan por una ciencia crítica, es claro que, sin importar la tendencia, hoy se hace uso de diversas técnicas dirigidas al análisis espacial. Estas técnicas cumplen por lo menos con dos objetivos:

- Identificar los componentes del espacio



- Utilizar un procedimiento o un conjunto de procedimientos que permitan comprender, en parte, la funcionalidad de algunos de esos componentes espaciales.

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis espacial puede definirse como un momento dentro del proceso investigativo en el que se conjugan una serie de técnicas que buscan separar, procesar y clasificar los datos, para contribuir a la búsqueda de respuestas de un problema mayor. Implica descubrir las particularidades de un fenómeno para definir su participación dentro de la globalidad, está en manos del investigador la elección de las herramientas a utilizar, para posteriormente encontrar en sus resultados las relaciones adecuadas para llegar a una visión integral.

1.3.1. Las herramientas técnicas y el análisis espacial

Una herramienta técnica puede ser definida como un instrumento de tipo gráfico, cuantitativo, cualitativo y/o mixto, cuyo uso involucra una serie de procedimientos en los que se trabaja con una o más variables con el propósito de hacer más explicable y visible un fenómeno.

No se puede negar que una herramienta técnica, por ejemplo un mapa de isoyetas, contribuye a cualquier proceso de investigación, sin embargo, de manera separada, probablemente esta no puede generar grandes impactos dentro del mismo, pero sumado al uso de otras herramientas, se constituyen en un soporte importante, por sí solas no establecen el fin del trabajo, es el investigador quien lo direcciona y dispone de los resultados según sus propósitos (Madrid & Ortiz, 2002)

Es necesario precisar, que las herramientas técnicas cumplen con los dos objetivos del análisis espacial, mencionados anteriormente, en cuanto a que sirven para identificar los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de datos.

Se definen cuatro grupos de herramientas técnicas principales utilizadas para el análisis espacial, que son:

- a) Las técnicas cualitativas



- b) Las técnicas cuantitativas
- c) Las representaciones graficas
- d) Los Sistemas de Información Geográfica

1.3.2. Las técnicas cualitativas

Los estudios cualitativos son investigaciones intensivas a muy pequeña escala en los cuales se explota la experiencia cotidiana de la gente y sus comunidades en diferentes tiempos y espacios, ello involucra la percepción misma del investigador y la influencia de ésta en el desarrollo del trabajo y en sus posibles resultados (Phillip, 1996).

Sus reflexiones, aunque revistan en ocasiones un carácter subjetivo, no pueden considerarse como un obstáculo para obtener información objetiva, cada una de estas herramientas permite que el análisis, de acuerdo a su objetivo, se convierta en un ejercicio exploratorio, descriptivo o predictivo.

Las herramientas técnicas cualitativas tales como las entrevistas, los diarios de campo, las historias de vida, el análisis documental, grupos focales y la observación, tienen como finalidad realizar un acercamiento entre el investigador y la comunidad u objeto de estudio, observar, hacerse partícipe de algunos de sus procesos, reconocer puntos de vista subjetivos, abordar la realidad en tanto el descubrimiento de las vivencias de los demás lo permitan y mostrar sus resultados a través de las descripciones que son el producto directo de la experiencia (Pedone, 2000).

1.3.3. Las técnicas cuantitativas

Las técnicas cuantitativas le dieron un giro a la Geografía, posibilitaron nuevos esquemas de abstracción de los datos espaciales, demostraron y descubrieron patrones de comportamiento de algunos fenómenos, le otorgaron mayor fuerza al trabajo práctico y al conocimiento construido a



partir de una base demostrable, dejando a un lado las especulaciones teóricas (Madrid & Ortiz, 2002).

En cuanto a los aportes de las técnicas cuantitativas y/o estadísticas al análisis espacial es importante tener en cuenta, algunas de sus funciones básicas que de acuerdo a Ebdon (1982) son: descripción, inferencia, significación y predicción.

La función descriptiva permite que durante el análisis espacial se pueda reagrupar información que en la mayoría de los casos es muy numerosa, ordenarla, crear reglas para representarla gráficamente, hacer cálculos de distintos estadígrafos, emplear cuadros, etc., con el propósito de identificar sus características particulares.

La función inferencial permite plantear hipótesis y resolverlas sin necesidad de utilizar la población en su totalidad, sino una muestra representativa de ella.

Con la función de significación se trata de saber si una diferencia o relación entre dos conjuntos de datos es significativa. Para saberlo se utiliza un proceso, un poco más complejo, en el que se proponen dos hipótesis, una nula y otra alternativa, esperando que para la primera exista una probabilidad baja de ocurrencia que confirme la efectividad de la segunda.

La función de predicción utiliza las probabilidades en las que se combinan circunstancias que se comportan bajo ciertos límites. Una de las funciones más utilizadas por la Geografía es la descriptiva con el uso del análisis multivariado que tiene en cuenta una de las particularidades del espacio y es la presencia amplia de elementos que de alguna manera complejizan su análisis.

El análisis multivariado consiste en identificar todos los componentes de un fenómeno espacial, clasificar y/o seleccionar aquellos que tengan mayor preponderancia, someterlos a un filtro matemático para obtener una mejor descripción del fenómeno en función de una mirada objetiva del mismo y de la exclusión de elementos distorsionadores, ello depende de



los objetivos a desarrollar, de la búsqueda de certezas y del enfoque que se desee dar al problema investigado.

1.3.4. Las representaciones graficas

Una representación gráfica puede definirse como un esquema abstracto de la realidad, dicha realidad puede ser tomada por una de sus partes o establecer una estructura mucho más compleja y sistemática de la misma.

Toda representación gráfica tiene como objetivo hacer mucho más fácil e inteligible un fenómeno permitiendo la visualización de ciertas características que de otra forma son difícilmente perceptibles, esta es precisamente la gran contribución de las representaciones gráficas al análisis espacial: permitir no sólo un adecuado manejo de los datos, sino convertir una imagen visual en un mediador eficaz para la inferencia de ideas.

Caycedo y Flórez (1991), clasifican las representaciones gráficas en dos grupos: las no cartográficas que reúnen a los diagramas, las redes y las matrices; y las cartográficas que incluyen todo tipo de mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélite.

Para ambos grupos existen aspectos en común:

- Representan el comportamiento de un fenómeno en un momento dado.
- Dependiendo de la cantidad de variables y del fenómeno a observar permiten identificar estructuras.
- Permiten relacionar los componentes de un fenómeno con el fin de proporcionar una lectura integral
- Relacionan de manera adecuada un fenómeno en función de una línea cronológica.



1.3.5. Los Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Análisis Espacial no son sinónimos, a pesar de que gran cantidad de fuentes bibliográficas relacionan de manera estrecha estos dos términos.

La importancia de los SIG radica en la facilidad que ofrece al investigador para procesar información espacial y representarla mediante un modelo análogo de la realidad que presenta las entidades espaciales a partir del punto, la línea y el polígono e información temática.

Goodhild, et al. (1992), define el análisis espacial dentro del SIG como “un conjunto de técnicas basadas en la localización de los objetos o hechos geográficos que analizan, requiriendo el acceso simultáneo al componente local y temático de la información”.

Esta posibilidad y sobre todo la amplia capacidad de tratamiento de los datos geográficos ofrecen una gran ventaja en su utilización ya que conducen de forma más rápida a la consecución de resultados para la toma de decisiones.

Sin embargo, como aseguran Alzate, et al (1999) “herramientas de análisis como el SIG son eso, solo “herramientas” a través de las cuales podemos realizar operaciones entre capas, cuyo verdadero análisis e interpretación fueron realizados por los investigadores quienes se valieron de los resultados para tomar finalmente las decisiones, en otras palabras el SIG no pensó por el investigador, fue el quien pensó ayudado por la herramienta”.

En relación con lo anterior, Gamir, et al. (1995), argumentan que la mayor dificultad en la utilización de los métodos de análisis espacial está en creer que el análisis espacial tiene un fin en sí mismo. Para salvar esta dificultad los autores sugieren entender el análisis espacial “como un soporte técnico a la toma de decisiones”.



Lo que significa que el análisis espacial será parte de un proceso encaminado a dar respuesta a un problema sin ser éste el componente esencial para tal decisión. De igual manera el usuario será quien llenará de contenido el proceso analítico y aportará su conocimiento en el diseño o planeación durante la implementación de la herramienta y la posterior interpretación de resultados.

Se podría decir que los Sistemas de Información Geográfica cumplen a cabalidad con los dos objetivos del análisis espacial, puesto que este último viene a ser el resultado del modelamiento basado a su vez en los procesos de captación de información, abstracción de la misma y discretización del mundo real, estableciendo las relaciones entre los componentes del espacio. Permite además, construir un modelo con patrones futuros de comportamiento.

Debemos reconocer que buena parte del análisis espacial se ha desarrollado mediante la importación de la metodología estadística y su adaptación al estudio de los datos espaciales.

No obstante se incluyen en él ciertos procedimientos que analizan exclusivamente las “características geométricas de los hechos geográficos” (Bosque, 1992). Esto quiere decir que combina los métodos cuantitativos con las representaciones gráficas.

Los Sistemas de Información Geográfica desarrollan un conjunto de funciones que constituyen el principal aporte al análisis espacial, éstas se clasifican en cuatro grandes grupos o subsistemas, el de captación de información o entrada de datos, el de almacenamiento y recuperación de la información, el de manipulación y análisis, y el de representación de datos. El tercer subsistema “comprende el conjunto de técnicas de análisis espacial, modelos de superposición, procesamiento, estadística espacial y demás procedimientos para la manipulación de la información geográfica (Query map oriented, query database oriented, reclassificaciton, overlay, proximity, network)” (Ruiz, 1995).



1.4. Del desarrollo sustentable a la movilidad sustentable

En la década de los sesenta surgen las primeras organizaciones ecologistas que se movilizan en torno a la idea de que la naturaleza, base física sobre la que se sustenta nuestro modelo de desarrollo, está sufriendo daños que de perpetuarse en el tiempo podrían llegar a ser irreparables, bosques contaminados por la lluvia ácida, ríos envenenados, ciudades asfixiadas por el humo de los coches y de las industrias, comienzan a ser tema central de debate de numerosos grupos sociales (Hoyos & Guillamón, 2010).

El mensaje es inequívoco: nuestro modelo de desarrollo es ecológicamente depredador, por lo que resulta necesario acometer reformas de carácter estructural que permitan solucionar los problemas medioambientales.

El concepto de desarrollo, concebido en sus orígenes como sinónimo de crecimiento económico (es decir, aumento de la renta nacional), hubo de ser reformulado en la década de los setenta tras la constatación de que el crecimiento económico per se no siempre había redundado en una mejora de las condiciones de vida, posteriores reformulaciones del término introducen la dimensión social con el objetivo explícito de que el crecimiento económico fuera acompañado de políticas sociales que garantizaran un reparto más equitativo del ingreso (Hoyos & Guillamón, 2010).

La incorporación de la dimensión medioambiental, ya a finales de la década de los ochenta, constituyó un reconocimiento tácito de la existencia de límites físicos al crecimiento económico.

En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas publica Nuestro Futuro Común, más conocido como Informe Brundtland, concluye en la necesidad de avanzar hacia un modelo de desarrollo basado en la utilización no indiscriminada de recursos



naturales y en la reducción urgente de los impactos ambientales. Así, el desarrollo sostenible se define como "aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas."

En otras palabras, la formulación del desarrollo sostenible contenida en el Informe Brundtland (1987), no sólo añade la dimensión medioambiental a las dimensiones económica y social precedentes, sino que establece una jerarquía entre ellas: la destrucción de la base física (esfera ambiental) imposibilitaría el bienestar de la población (esfera social) y cualquier tipo de actividad económica (esfera económica).

A partir de los años noventa, los problemas medioambientales se instalan de forma permanente y prioritaria en la agenda internacional, la constatación de que los problemas ambientales no entienden de fronteras lleva a Naciones Unidas a asumir el liderazgo internacional y convocar la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), también conocida como Cumbre de la Tierra, en la que se elabora un plan de acción global para el desarrollo sostenible: la Agenda 21.

Este documento, además de apostar por el diseño de estrategias nacionales de desarrollo sostenible, otorga una especial importancia al papel que ha de jugar el sector transporte en la resolución de los problemas medioambientales y, más específicamente, los referidos a asentamientos urbanos y a la atmósfera. La movilidad sustentable ha de basarse en la promoción de redes de transporte eficiente y ecológicamente racional (Hoyos & Guillamón, 2010).

1.4.1. Principios de Movilidad Sustentable

El proceso actual de globalización no habría sido posible sin una serie de transformaciones estructurales en la economía mundial que han favorecido el aumento de la movilidad de personas y mercancías a lo largo y ancho del mundo (Hoyos & Guillamón, 2010).



El gran aumento de la movilidad registrado por encima del crecimiento de la economía, nos obliga a analizar en profundidad las dinámicas que se producen en este sector para poder atajar los problemas ambientales, la sociedad del siglo XXI se enfrenta, pues, a un reto sin precedentes: reconciliar el continuado crecimiento del transporte con sus límites medioambientales (Union Europea, 2002)

En este sentido, la movilidad sustentable supone la aplicación del concepto de desarrollo sostenible al sistema de transporte. Mientras que el paradigma anterior nos presentaba una imagen finalista del transporte, donde movilidad y velocidad eran buenas en sí mismas, la noción de movilidad sustentable nos obliga a replantearnos esta visión tradicional desde una perspectiva integral que englobe las dimensiones ambiental, social y económica (Daly, 1999)

1.4.2. El concepto de movilidad Sustentable

La creciente complejidad de las relaciones económicas y sociales ha contribuido a que el transporte, como medio a través del cual interactúan los distintos agentes, se haya convertido en un sector estratégico para la sociedad, como consecuencia de esto, un modelo de movilidad basado en la sustentabilidad habrá de definirse teniendo en cuenta la integración de límites ambientales, no sólo en la política de transporte sino en todas las políticas con repercusiones sobre la movilidad (Hoyos & Guillamón, 2010).

Esta idea ya aparece recogida en el Libro Verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente de la Unión Europea (1992) al señalar que "el objetivo de una estrategia basada en un enfoque global sería el de fomentar la movilidad sustentable mediante la integración de los transportes en un contexto general de desarrollo (Comision Europea, 1992).



La OCDE define un sistema de transportes sustentable como aquel que: "sin dañar la salud pública ni los ecosistemas, satisface la necesidad de acceso de acuerdo con el uso de recursos renovables por debajo de su tasa de regeneración y el uso de recursos no renovables por debajo de la tasa de desarrollo de sustitutos renovables." Es decir, un sistema que facilita el acceso para la satisfacción de necesidades asociado a unos límites ambientales y de salud pública, a la vez que hace un uso racional y eficiente de los recursos naturales que emplea (OECD, 2000).

1.4.3. Objetivos para una Movilidad Sustentable

La comisión de las Comunidades Europeas (2000) enlista 10 objetivos que se deben de cumplir para tener una movilidad Sustentable:

1. Favorecer el acceso a bienes, recursos y servicios y, a la vez que se reduce la necesidad de movilidad, satisfacer las necesidades económicas, ambientales y sociales de manera integrada y eficiente.
2. Asegurar que tanto las infraestructuras de transporte como el propio transporte no superen la capacidad de carga de los ecosistemas.
3. Asegurar que los usuarios pagan los costes ambientales y sociales de sus elecciones de transporte sin perjudicar la competitividad de la industria ni evitar la satisfacción de la necesidad de movilidad de los sectores más desfavorecidos.
4. Reducir el crecimiento del tráfico de coches y camiones a niveles sostenibles.
5. Asegurar que las inversiones en infraestructura de transporte introduzcan la variable ambiental.
6. Fomentar el uso de los medios de transporte más eficientes desde el punto de vista ambiental, social y económico
7. Alcanzar estándares de calidad ambiental basados en límites ecológicos críticos y el principio precautorio.
8. Asegurar el uso de recursos renovables sin disminuir la capacidad de los sistemas ecológicos de ofrecer esos recursos en el futuro.



9. Asegurar el uso de recursos no renovables teniendo en cuenta su necesidad en el futuro y la disponibilidad de recursos alternativos.
10. Mejorar la salud humana y la seguridad, reduciendo los accidentes.
(Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

Desde esta perspectiva, el diseño de una política de movilidad sostenible debe responder a tres objetivos principales que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Factores de la Movilidad Sustentable

Movilidad Sustentable	
Reducción	Desvincular el crecimiento del transporte del crecimiento económico requiere reducir la necesidad de movilidad.
Reequilibrio	Favorece un necesario trasvase modal hacia los medios más respetuosos con el medio ambiente.
Eco eficiencia	Se define como la capacidad de desplazarse minimizando los impactos ambientales

Fuente: (Hoyos & Guillamón, 2010).

La consecución de estos objetivos, y en especial el referido a la reducción de la necesidad de movilidad, requiere de estrategias concebidas desde una perspectiva más global en la que todas las políticas con repercusiones sobre las necesidades de movilidad –planificación urbanística y ordenación territorial, política industrial, política energética, etc. participen de manera integrada en el diseño de una estrategia que incida en el origen de los problemas.

En conclusión, hemos definido la movilidad sostenible como un proceso que tiende a reducir paulatinamente la degradación ambiental irreversible del actual modelo de transporte a la vez que satisface la necesidad social de accesibilidad. Garantizar que la demanda social de movilidad no transgrede los límites ambientales requiere un giro en las políticas públicas



El marco teórico antecede y fundamenta la metodología, así como los procesos realizados en esta investigación, con este soporte teórico se da continuación a la parte metodológica en la cual se describen los procedimientos y técnicas que se realizaron para obtener los resultados de este estudio, el siguiente capítulo muestra paso a paso como llegar a la obtención de escenarios para la toma de decisiones, con las variables que engloban el fenómeno de la movilidad sustentable a través del uso de la ciclovía.



Capítulo II Marco Metodológico

La metodología de la investigación según Bunge (1997), una ciencia que provee al investigador de una serie de conceptos, principios y leyes que le permiten encauzar, de un modo eficiente y tendiente a la excelencia, el proceso de la investigación científica. Esta cita se debe entender como el proceso que sigue una investigación científica y que está sustentado en una estructura que se forma siguiendo una serie de pasos que le dan sentido y coherencia a la investigación (Arias, 2016).

Una metodología puede ser dividida en varios métodos para llegar a un objetivo, como lo es el caso de la presente investigación, que se basó en diferentes métodos para alcanzar los objetivos que se plantearon.

2.1. Técnica de diagnóstico para componentes físicos, demográficos y socioeconómicos.

2.1.1 Condiciones físicas

Las condiciones físicas y de estructura urbana de distintas ciudades, tienen como consecuencia el diseño de infraestructura y de políticas para incentivar el uso de los diferentes medios de transporte, con características particulares para cada tipo de ciudad (Lastra, 2016).

La resistencia a utilizar bicicleta como medio de transporte se debe a una serie de limitantes físicas y de percepción, los principales factores físicos que limitan el uso de la bicicleta son:

- La pendiente
- Los cambios repentinos en el tiempo (particularmente lluvia)
- La distancia de viaje.



En lo que respecta a los factores físicos se realizaron diferentes mapas el primero de ellos fue el de pendientes, se generó con herramientas SIG y con información de INEGI:

Tabla 3. Insumos para el mapa de pendientes.

Software para proceso	Información de la base de datos
ArcGis 10.4	Curvas de Nivel de la carta topográfica de INEGI Escala 1:50000

Fuente: Elaboración propia con base a INEGI 2015.

Los siguientes factores físicos a considerar son la temperatura y la precipitación, de estos depende mucho el uso de la bicicleta, ya que por la dinámica del uso de la bicicleta, no solo para desplazarse si no también las condiciones de intemperie con las que se interactúa al moverse así (MNB, 2014).

Para estos factores se utilizaron datos del Servicio Meteorológico Nacional de 1981 a 2010, los datos para ambos factores fueron los promedios mensuales, para que con base a eso se determine los meses más lluviosos, con temperaturas extremas y los tiempos de heladas.

2.1.2. Condiciones demográficas

Para la parte demográfica y socioeconómica, se reconoce la distribución geográfica de distintos grupos de población, para identificar áreas de alta concentración poblacional y de actividad económica que son potenciales generadoras y a tractoras de viajes, lo que permite entrever las principales áreas a conectar mediante una propuesta de movilidad en bicicleta (Lastra, 2016).

Para ello se utilizara información demográfica obtenida del Repositorio Institucional de la UAEMEX, la base de datos cartográfica se trabajó a



nivel Manzana, es el nivel más preciso de información oficial con el que se cuenta, que contiene datos censales del 2010.

Con esta base de datos se realizaron los siguientes mapas:

- a) Mapa de densidad de población: Con los datos de población total y análisis geoestadístico se generó un interpolado para resaltar las zonas de la ZUT en donde se concentra la población.
- b) Mapa de población en edad de andar en bicicleta: Tomando en cuenta los datos de población por grupo de edad, se consideraron personas de 15 a 64 años.

Para el segundo mapa se consideró ese grupo de edad ya que según la Organización Mundial de la Salud las personas de (15 a 64 años).

Para este grupo de edades, la actividad física consiste en actividades recreativas o de ocio, desplazamientos (por ejemplo, paseos a pie o en **bicicleta**), actividades ocupacionales (es decir, trabajo), tareas domésticas, juegos, deportes o ejercicios programados en el contexto de las actividades diarias, familiares y comunitarias.

Con el fin de mejorar las funciones cardiorrespiratorias y musculares y la salud ósea y de reducir el riesgo de enfermedades respiratorias y depresión, se recomienda que:

Dediquen como mínimo 150 minutos semanales a la práctica de actividad física aeróbica, de intensidad moderada, o bien 75 minutos de actividad física aeróbica vigorosa cada semana, o bien una combinación equivalente de actividades moderadas y vigorosas.

La actividad aeróbica se practicará en sesiones de 10 minutos de duración, como mínimo, los cuales pueden ser cubiertos con



desplazamiento diario en bicicleta un beneficio más de este tipo de movilidad.

2.1.3. Infraestructura ciclista

Como parte del diagnóstico es importante conocer con claridad con que infraestructura ciclista cuenta la Zona Urbana de Toluca, por lo cual se realizó un trabajo de campo para digitalizar la ciclovía, así como tomar las medidas del carril, señalamientos y equipamiento existente en la ciudad, esto elaborado en dos etapas:

1. Digitalización de la ciclovía actual sobre imagen satelital de google 2016-2018.
2. Hacer la verificación y actualización en campo, así como la identificación de señalamientos, se tomó también la medida de los carriles, protecciones y señalamientos encontrados.

2.1.4. Reglamentación y normatividad para movilidad ciclista

Como parte del análisis cualitativo, es necesario conocer las reglas y normas que regulan la movilidad a través de la bicicleta, con el fin de conocer que tan seguro es andar en bicicleta, si hay instrucciones específicas para su uso, sanciones, lineamientos y todo lo relacionado con la interacción de este vehículo con los peatones y vehículos automotores.

Para este paso se revisó el Reglamento de Tránsito del Estado de México más reciente que fue publicado en agosto de 2017, dicho reglamento es el que describe los lineamientos específicos que regulan la movilidad en la Zona Urbana de Toluca.



2.1.5. Condiciones socioeconómicas

Las condiciones socioeconómicas juegan un papel muy importante ya que mediante ellas se determinó la concentración de actividades de la población basadas en la muestra censal 2015 y el DNUE 2016.

Según los resultados de la Muestra censal de INEGI 2015, existen dos actividades principales que atraen la gente a un lugar:

1. El trabajo
2. El estudio

Mediante la muestra censal se puede saber cuántas personas vienen a la Zona Urbana de Toluca a estudiar y a trabajar, de esta manera se determinan las unidades económicas del DNUE 2016, posteriormente se realiza el “Mapa de Atractores a la ZUT”.

Tabla 4. Proceso metodológico de los mapas socioeconómicos del diagnóstico de la ZUT.

Entrada	Proceso	Salida
Muestra censal INEGI 2015	Filtrado de la base de datos y unión a una base cartografía	Mapa de origen destino hacia la Zona Urbana de Toluca
DNUE 2016	Selección de unidades económicas de trabajos y escuelas	Mapa de atractores a la Zona Urbana de Toluca
DNUE 2016	Selección de unidades económicas más importantes de la ZUT	Mapa de concentración de actividades de la ZUT

Fuente: Elaboración Propia con base a INEGI, 2015.



2.2. Técnica de aforo y diseño de encuesta

2.2.1. Metodología para conteo ciclista

En la presente investigación se utiliza como técnica de aforo un conteo ciclista, basado en el que se realizó para la Ciudad de México por el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP por sus siglas en inglés) con el fin de recabar información que permita generar indicadores acerca de la eficacia en políticas públicas orientadas a movilidad.

Los conteos ciclistas representan una alternativa costo-efectiva para disponer de una línea base y así medir el avance de las políticas de promoción del uso de la bicicleta, es importante mencionar que el conteo no refleja el número real de viajes en bicicleta, sino una muestra para identificar patrones generales de cambio en la afluencia ciclista en los puntos contabilizados (ITDP, 2014).

De esta manera poder determinar con mayor certeza el avance en movilidad ciclista en la Zona Urbana de Toluca, ya que según el H.H. Ayuntamiento de Toluca se invirtió una gran cantidad en la ciclovía actual.

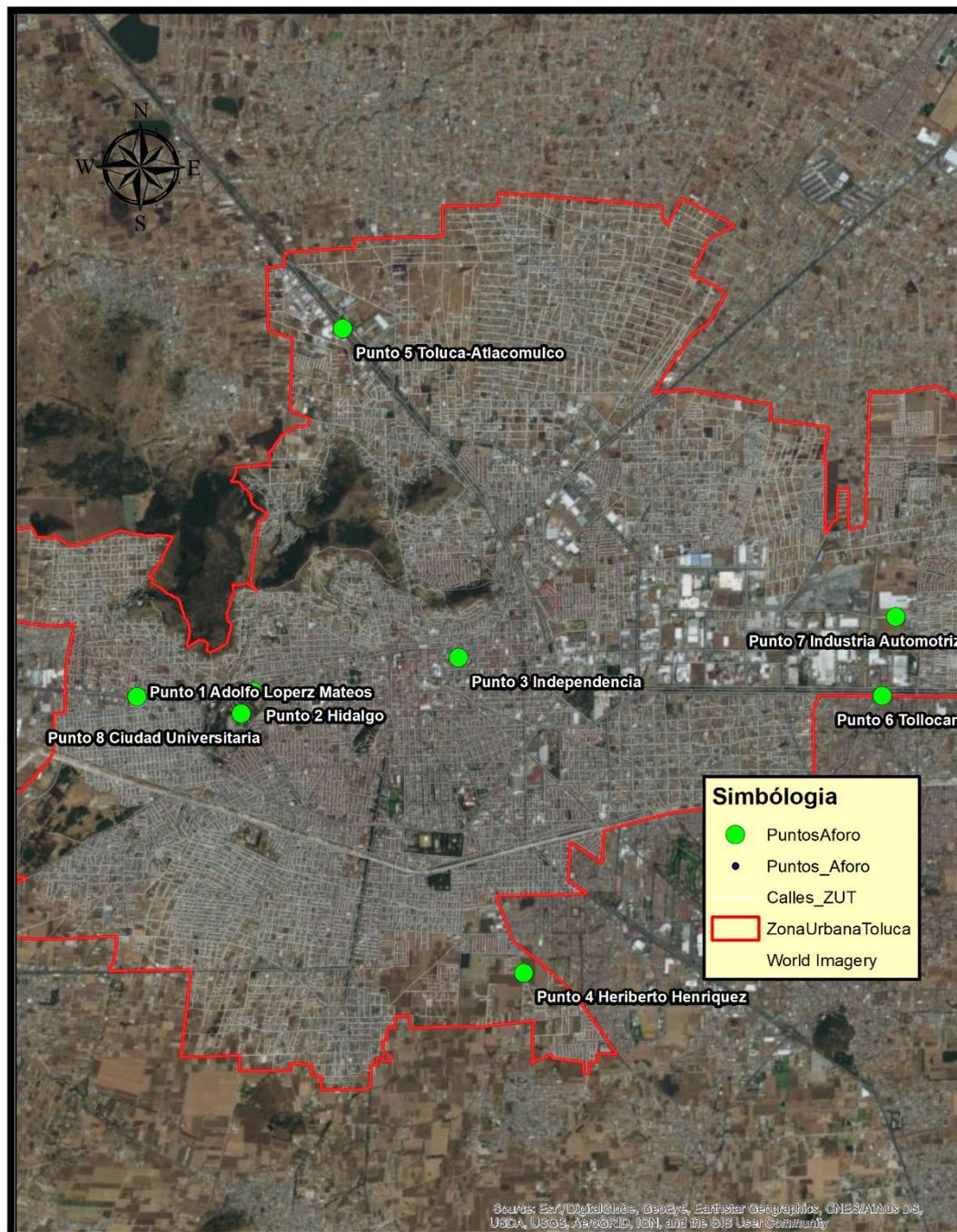
Los conteos se realizan mediante un proceso de observación directa y de forma manual en 8 puntos (Mapa 1) de la zona urbana de Toluca, 3 de los cuales están sobre la ciclovía. El ejercicio será en el mes de junio, fuera de temporada de lluvias, vacaciones escolares o días festivos.

Los conteos se efectuaron en día jueves 21 de Junio, para evitar variaciones, inicio y fin de semana. El período de conteo por punto se dividió en tres periodos, de 7am a 11am, de 12pm a 4pm y de 5 a 9pm, que conforman un total de 12 horas. En algunos puntos donde el periodo fue menor, se hicieron las estimaciones correspondientes. En total



participaron 10 aforadores, quienes también fueron responsables de capturar los datos obtenidos.

Mapa 1. Puntos para el aforo ciclista



Fuente: Elaboración propia con trabajo de campo.

Los levantamientos permiten disponer de los siguientes datos: número de ciclistas que cruzan en cada punto de observación, tipo de bicicleta, sexo,



grupo de edad aproximado, tipo de carga, uso de casco, uso de luz posterior, el formato de captura de datos utilizado ha sido el del Conteo ciclista 2013 que se aplicó en la Ciudad de México, con las adaptaciones correspondientes para el objetivo de esta investigación.

Figura 2. Formato de captura para conteo ciclista.

DATOS REFERENCIALES									
Vialidad			Entre			y			
Paramento			Realizó			Llenar solo si se contó en ambas direcciones			
Día						* Cuando haya más de un caso desagregarlos por filas			
Hora inicio			Hora Termino					Circulación hacia norte	Circulación hacia sur
Número	Control	Hora	Tipo	Sexo	Edad	Accesorios			
			1- Montaña 2- Híbrida/Ciudad 3- De ruta 4- Plegable 5- Turismo 6- Triciclo 7- Cross 8- Bicípública 9- Bicitaxi	1- Hombre 2- Mujer	1-De cero a 9 años 2-De 10 a 19 años 3-De 20 a 29 años 4-De 30 a 39 años 5-De 40 a 49 años 6-De 50 a 59 años 7-De 60 y más	1. Casco	2. Luz trasera	1- En banqueta 2- En ciclovia 3- En arroyo vehicular 4- En camellón 5- Sentido contrario	1- En banqueta 2- En ciclovia 3- En arroyo vehicular 4- En camellón 5- Sentido contrario
1	1								
2	1								
3	1								
4	1								
5	1								
6	1								
7	1								
8	1								
9	1								
10	1								
11	1								
12	1								
13	1								

Fuente: (ITDP, 2014) con adaptaciones propias.

2.2.2. Diseño de encuestas para percepción social

Tomando como base el estudio del Centro Mario Molina (2014) aunado a la información oficial de los censos de población 2010 y la muestra del 2015 ambos datos de INEGI, se realiza una encuesta para ratificar los resultados del diagnóstico, con información referente a la probabilidad de cambio de transporte, mediante preguntas expresas hechas a las personas que realizan sus actividades en la Zona Urbana de Toluca.

El análisis se realiza con base en cuatro preguntas sobre: a) el uso de una bicicleta propia en combinación con otros medios de transporte, bajo la



condición de que haya un lugar seguro bici estacionamiento donde guardarla durante el día (reemplazando la caminata o el primer medio de transporte); b) el uso de bicicletas públicas para enlazarlas paradas de camión o estacionamiento hacia el lugar de trabajo, reemplazando la caminata o el último modo de transporte y c) el uso de una bicicleta como medio de transporte unimodal sujeto a la existencia de ciclovías d) El uso de la ciclovía en las condiciones actuales de circulación vial. (Lastra, 2016).

El tamaño de la muestra fue de 500 encuestas, levantadas entre el 29 de noviembre y hasta el 10 de Diciembre del 2017. Se muestreo a través de encuestas digitales vía internet. La selección de las personas encuestadas fue dirigida aquellos que realizan actividades en la Zona Urbana de Toluca durante toda la semana.

Cada encuesta tiene una duración de 5 minutos en promedio. Las encuestas se realizaron durante los dos días completos para posteriormente hacer el análisis de los resultados obtenidos.

El tamaño de la muestra asegura una fiabilidad estadística de $\pm 1.8\%$ al 99% de confianza y todos los análisis que aquí se presentan tienen una significación estadística de 0.05 a menos que se especifique lo contrario.

El cuestionario levantado puede consultarse en Téllez y López (2009). Las cuatro preguntas que se analizan en este documento fueron hechas con la siguiente redacción:

1. ¿Utilizaría una bicicleta prestada para llegar de la parada del transporte público al trabajo?
2. ¿Utilizaría una bicicleta para llegar de su casa al transporte público que usa normalmente si contara con un lugar seguro para guardarla durante el día?
3. ¿Utilizaría una bicicleta propia para llegar de su casa a su destino si hubiera una ciclovía?



4. ¿En las condiciones actuales de circulación vial utilizarías la bicicleta para trasladarte dentro de la ciudad?

Figura 3. Formato para encuesta de percepción ciclista de la ZUT.

Movilidad a través de bicicleta

Una encuesta para tener información sobre la probabilidad de un cambio de transporte

¿Utilizaría una bicicleta prestada para llegar de la parada del transporte público al trabajo o escuela? *

si

no

¿Utilizaría una bicicleta para llegar de su casa al transporte público que usa normalmente, si contara con un lugar seguro para guardarla durante el día? *

si

no

¿Utilizaría una bicicleta propia para llegar de su casa a su destino si hubiera una ciclovía? *

si

no

¿En las condiciones actuales de circulación vial utilizarías la bicicleta para trasladarte dentro de la ciudad? y porque? *

Fuente: Elaboración propia



2.3. Método de análisis espacial

El análisis espacial se compone de un conjunto de procedimientos encadenados cuyo objetivo es elegir un modelo inferencial que considere explícitamente la actual relación espacial del fenómeno, los procedimientos iniciales de análisis incluyen el conjunto de métodos genéricos de análisis exploratorio y la visualización de datos, en general a través de mapas (Mazo, 2010).

Los modelos espaciales inferenciales se presentan generalmente en tres grandes grupos:

- a) Variación continua: Consideran un proceso estocástico cuyos valores pueden ser conocidos en todos los puntos del área de estudio.
- b) Variación discreta: Se refieren a la distribución de eventos cuya localización se asocia a las zonas delimitadas por los polígonos. Objetivo: modelar el patrón de distribución espacial del fenómeno geográfico.
- c) Procesos puntuales: Conjunto de puntos distribuidos en un terreno, cuya ubicación fue generado por un mecanismo estocástico. Objetivo: comprensión del mecanismo generador de dicha localización.

No existe un único o correcto modelo para cada problema, en la presente investigación es necesario combinar diferentes enfoques (procesos puntuales, la variación continua y la variación discreta) para agregar información al problema estudiado, es por ello que la necesidad de utilizar diferentes modelos inferenciales y diferentes técnicas que se derivan de la propia naturaleza del espacio geográfico.



El principal enfoque de análisis espacial para la presente investigación es el de “Estadística espacial y Geoestadística” según (Mazo, 2010) se basa en cinco factores fundamentales:

- Análisis exploratorio de datos espaciales
- Autocorrelación espacial
- Agrupaciones espaciales o Cluster
- Filtros espaciales
- Variograma y Kriging

2.3.1 Análisis exploratorio de datos espaciales

Análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA) como se usa en estadística espacial, geoestadística y la econometría espacial, es desarrollado a partir del análisis exploratorio de datos (AED). En particular, dos temas que son fundamentales la importancia de los datos, y la importancia de los gráficos de análisis en la representación de características seleccionadas de los datos (Mazo, 2010)

- Exploración de los patrones de punto son las relaciones entre los puntos atractores y su distribución dentro de la Zona Urbana de Toluca.
- Exploración geoestadística los datos de población y como se distribuyen espacialmente más allá de las fronteras administrativas, en este caso las manzanas.
- Diagnostico de la localización en donde se localizan los tramos de ciclovia, las bicicletas de renta y la infraestructura ciclista

Gran parte de la literatura sobre análisis exploratorio de datos espaciales se ha centrado en la exploración de los datos de áreas con respecto a la asociación espacial (Mazo, 2010).



2.3.2. Auto correlación espacial

La definición más simple del concepto de autocorrelación espacial es que representa la relación entre las inmediaciones unidades espaciales, como se ve en los mapas, donde se codifica cada unidad con una realización de una sola variable.

La ciclo vía como variable espacial y todos los fenómenos que intervienen en su uso, su desarrollo y seguimiento, población, lugares, infraestructura y percepción social son algunos de los factores que se interrelacionan entre sí, dichas elaciones se representan cartográficamente para poder identificar patrones y llegar a conclusiones que benefician la investigación.

2.3.3. Agrupaciones espaciales o Cluster

El análisis de agrupamiento espacial se ha vuelto común en muchos campos de la investigación. Un supuesto implícito en el análisis de conglomerados espaciales es determinar los factores que influyen en la variable de estudio (Mazo, 2010)

Las técnicas para este tipo de análisis se pueden dividir en dos categorías: los que se utilizan para determinar si la agrupación se presente en la región de estudio, y aquellos que tratan de identificar la ubicación de las agrupaciones.

Global: • Estos métodos proporcionan un resumen estadístico único que describe el grado de agrupamiento en la pauta asignada. El valor de la estadística indica si el patrón está agrupado, al azar, o dispersos.

La información demográfica entra en la categoría global ya que mediante cifras y análisis geoestadístico se puede identificar las concentraciones de manera que se puede identificar el grado de agrupamiento de dichas variables.



Local: Cuando la hipótesis nula de aleatoriedad es rechazado por una prueba general para la agrupación espacial, dos cuestiones adicionales planteadas: ¿dónde están los grupos y cuál es su extensión espacial?

Las Estadísticas de la agrupación local se utilizan para responder a estas preguntas, para este caso práctico sería ¿a dónde va la gente en la ZUT, ¿cuál es la distribución de sus actividades?

2.3.4. Filtros espaciales

El filtro o filtrado espacial es una metodología general de apoyo a las conclusiones más sólidas en los datos de los estudios analíticos, y se basa en una estructura de vinculación postula que une los datos georreferenciados observaciones.

- El filtro espacial matemáticamente manipula los datos con el fin de corregir las posibles distorsiones introducidas por factores tales como la escala arbitraria, la resolución y / o zonificación.

La principal ventaja de esta metodología es que introduce variables de control, que permiten identificar y aislar las dependencias estocásticas espaciales entre las observaciones georeferenciadas, permiten la construcción de modelos de proceder como si estas observaciones son independientes.

La metodología de filtrado espacial tiene por objeto dar cuenta de autocorrelación espacial en los datos georreferenciados de una manera que permite a las técnicas convencionales de estimación estadística para ser explotados.



2.3.5. Variograma y Kriging

Se han desarrollado para describir y analizar la variación de los fenómenos naturales y provocados por el hombre, sobre o debajo de la superficie de la tierra. El análisis espacial incluye cualquiera de las técnicas formales de que las entidades de estudio que tienen un índice espacial (Cressie 1993).

La mayoría de las propiedades espaciales varían de forma compleja que la variación no puede ser definida de manera determinista. Para hacer frente a esta incertidumbre espacial un enfoque diferente de los métodos tradicionales determinista de análisis espacial se requiere que ser basado en un enfoque estocástico o probabilístico, La base de la geoestadística moderna para el tratamiento de la variable de interés como una variable aleatoria (Mazo, 2010).

Todos los interpolados que se utilizaron en la cartografía para describir variables, patrones, concentraciones de una forma más adecuada ya que los límites lineales o puntuales no limitan el fenómeno en el área en que se distribuye.



Capítulo III. Diagnóstico y Análisis espacial de la Zona Urbana de Toluca

Para dimensionar el alcance potencial de cobertura y el impacto social del uso de la bicicleta en la Zona Urbana de Toluca, la primera característica a considerar es que la ciudad forma parte de una estructura territorial, demográfica y económica, cada uno de estos factores son parte de un sistema que se retoma como base para poder definir conocer el área de estudio.

Para delimitar el área de estudio se tomaron en cuenta las localidades urbanas del Estado de México, de 2010 obtenidas del repositorio Institucional de la UAEMEX, esta es la cartografía por localidad, polígonos que están referenciados por clave de entidad INEGI, clave municipal INEGI, y clave de localidad INEGI.

Se definió de esta manera, para su integración en bases de datos por medio software estadístico y de sistemas de información geográfica, de dichas localidades que están dentro del municipio de Toluca, se consideró para la presente investigación la localidad de “Toluca de Lerdo”.

De esta manera se definió la Zona Urbana de Toluca, mapa 2, toda la información que se analizara estará contenida en este polígono como el área que será analizada y en la cual se enfocara el estudio de movilidad sustentable a través den usos de la bicicleta.



Mapa 2. Zona Urbana de Toluca.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010.

La Zona Urbana de Toluca tiene una superficie de 90 kilómetros cuadrados de área y una población total de 489333 habitantes.



3.1. Factores físicos de la ZUT, relieve, temperatura y precipitación

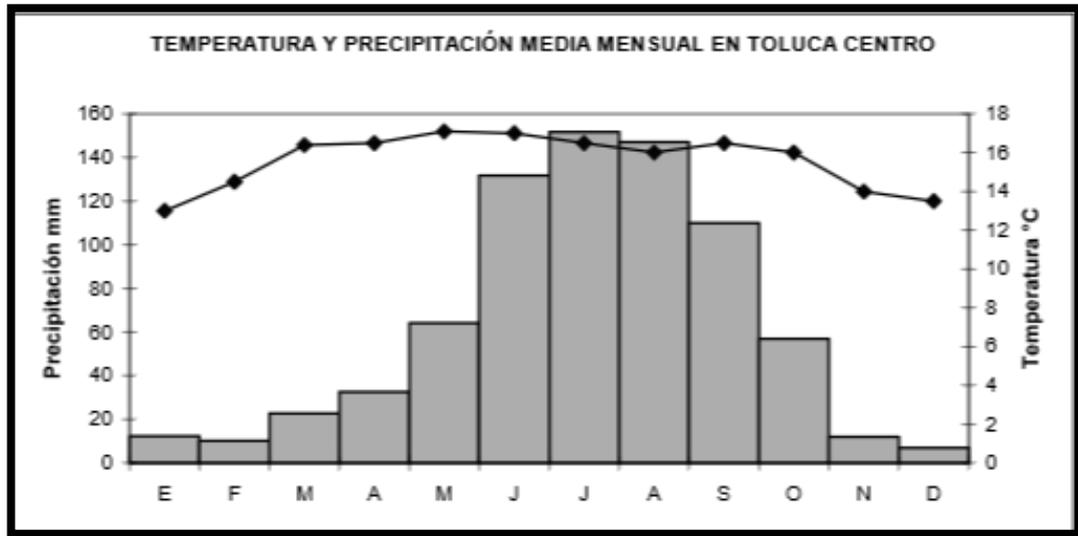
La ciudad de Toluca se encuentra entre las latitudes $19^{\circ} 13'$ y $19^{\circ} 17'$, entre las longitudes de $99^{\circ} 35'$ y $99^{\circ} 43'$, mientras las altitudes fluctúan entre 2655 y 2670 m.s.n.m. La zona se encuentra en una región donde convergen fenómenos atmosféricos de las zonas frías, templadas y tropicales, por lo que su zona es muy dinámica a lo largo del año, según la clasificación climática de Köppen, se define como clima templado.

Las temperaturas más bajas se registran en los meses de diciembre, enero y febrero, con valores que oscilan entre -2.0° y 8.0° C. Las heladas son muy frecuentes en invierno, pero se pueden presentar en cualquier día del año. Las bajas temperaturas están asociadas con la fuerte irradiación nocturna, con la irrupción de vientos polares y masas de aire frío, lo que en muchas ocasiones origina inversiones térmicas que estabilizan los estratos atmosféricos cercanos a la superficie del valle de Toluca.

Las temperaturas más elevadas se presentan entre abril y mayo, con valores que fluctúan entre los 26.0° y los 28.0° C. Se presentan algunas ondas de calor que duran entre uno y tres días en promedio, aunque en algunos años, éstas suelen tener mayor número de días sobre todo en el periodo de la sequía intraestival.



Grafico1. Temperatura y precipitación media mensual en Toluca.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional 2015

Las elevadas temperaturas generalmente son interrumpidas por los vientos de la tarde y la persistente trayectoria de los vientos dominantes.

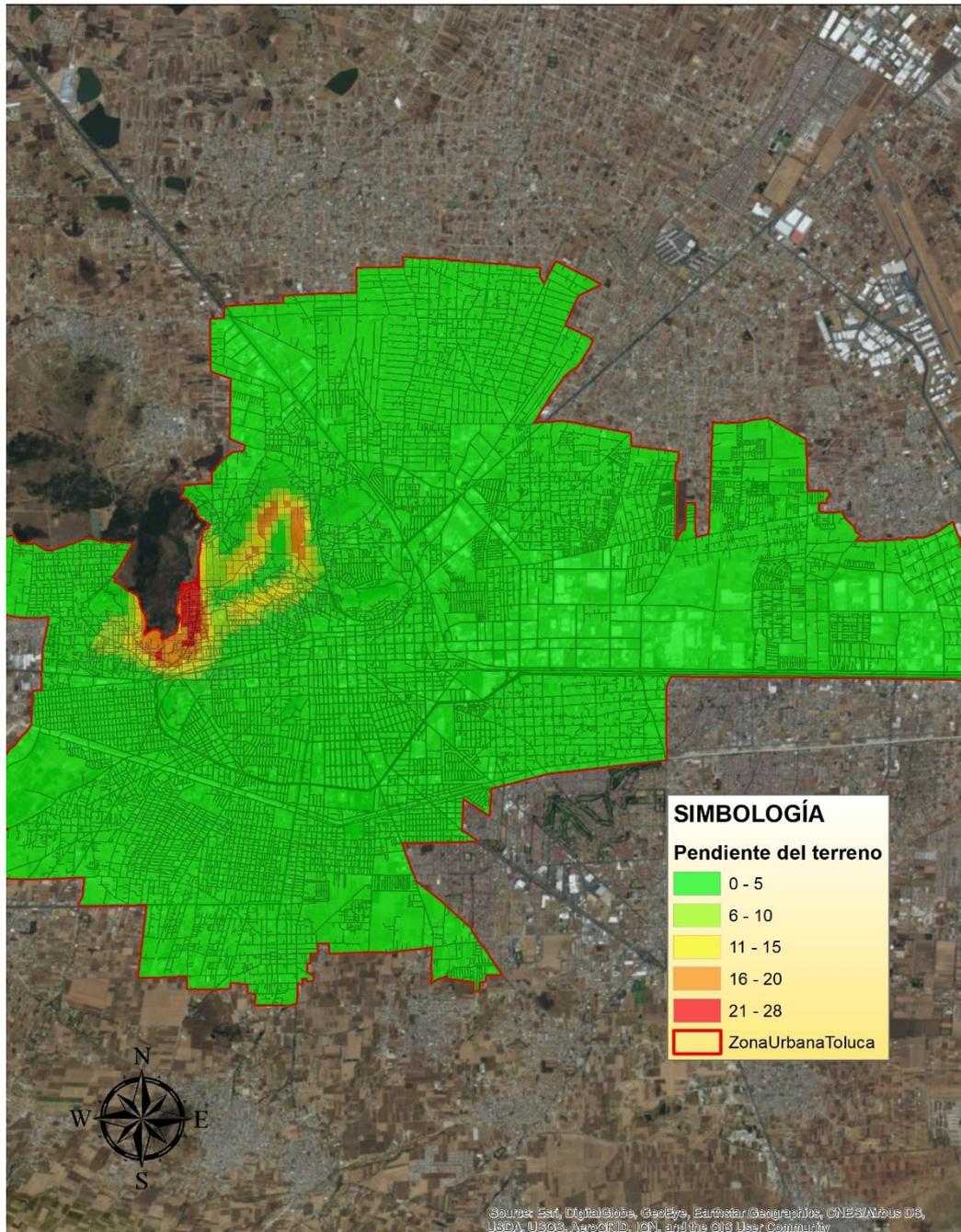
La precipitación media anual en la ciudad es de 760 mm, abarcando las lluvias los meses de mayo a octubre. El mes más lluvioso es julio y el de menor precipitación es febrero a lo largo del año, presentándose ocasionalmente una sequía intraestival la cual dura entre una y dos semanas.

Como se señaló en los antecedentes teóricos, una de las características fundamentales que favorece (o restringe) el uso de la bicicleta es el relieve y específicamente la pendiente del terreno, la Zona Urbana de Toluca tiene una superficie de 90 km², que equivale al 21.1% del territorio Municipal de Toluca; 94% de la superficie de la ZUT cumple con el requerimiento de pendiente del terreno para promover el uso de la bicicleta si se toma como base el criterio internacional de una pendiente no mayor a 6%.



En el mapa 3, se observa que la mayor parte de la superficie de la ZUT no tiene una pendiente mayor a 6°, excepto una pequeña superficie en la zona oeste del área de estudio que corresponde al Cerro de la Teresona.

Mapa 3. Mapa de pendientes de la ZUT.



Fuente: Elaboración propia en base a las curvas de nivel de la carta topográfica de INEGI 2008.



Dentro de los factores físicos el clima juega un papel muy importante ya que en la ZUT hay 6 meses con lluvias, los cambios en la temperatura durante el día y las heladas, por lo cual se requiere de equipamiento especial para estas condiciones, además de infraestructura que permita moverse eficientemente durante todo el año sin importar la estación.

En síntesis, dadas las condiciones del relieve (pendiente), temperatura (clima) y régimen de precipitación (lluvias), la Zona Urbana de Toluca cuenta con características ambientales aceptables para impulsar el uso de la bicicleta, siempre y cuando se tomen en cuenta las condiciones de equipamiento e infraestructura adecuados para cada estación del año.

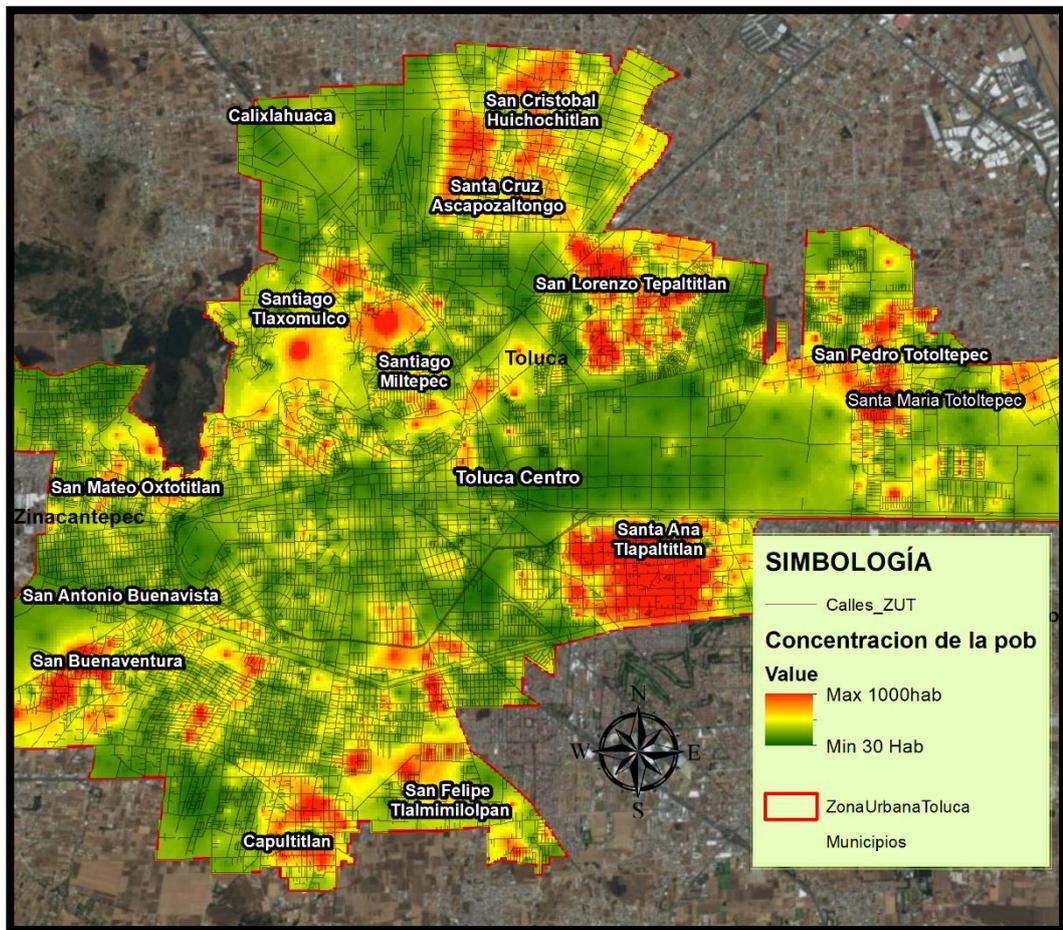
Retomando el caso de Holanda, el país que más recorridos urbanos tiene en bicicleta es un país con meses muy fríos y con lluvias, motivo que no impide que el 40% de traslados se realicen en bicicleta, esto aunado a una cultura vial bien establecida y una infraestructura suficiente, que permite su buen funcionamiento y alta demanda.

3.2. Análisis espacial de las condiciones demográficas

La población total del área de estudio es de 489333 habitantes, los cuales están distribuidos en la ZUT, en el mapa 4, se puede observar que existen lugares en donde hay una alta concentración de la población, no existe una distribución uniforme sobre el área de estudio, pero en color rojo resaltan zonas que concentran mayor población.



Mapa 4: Concentración de la Población.

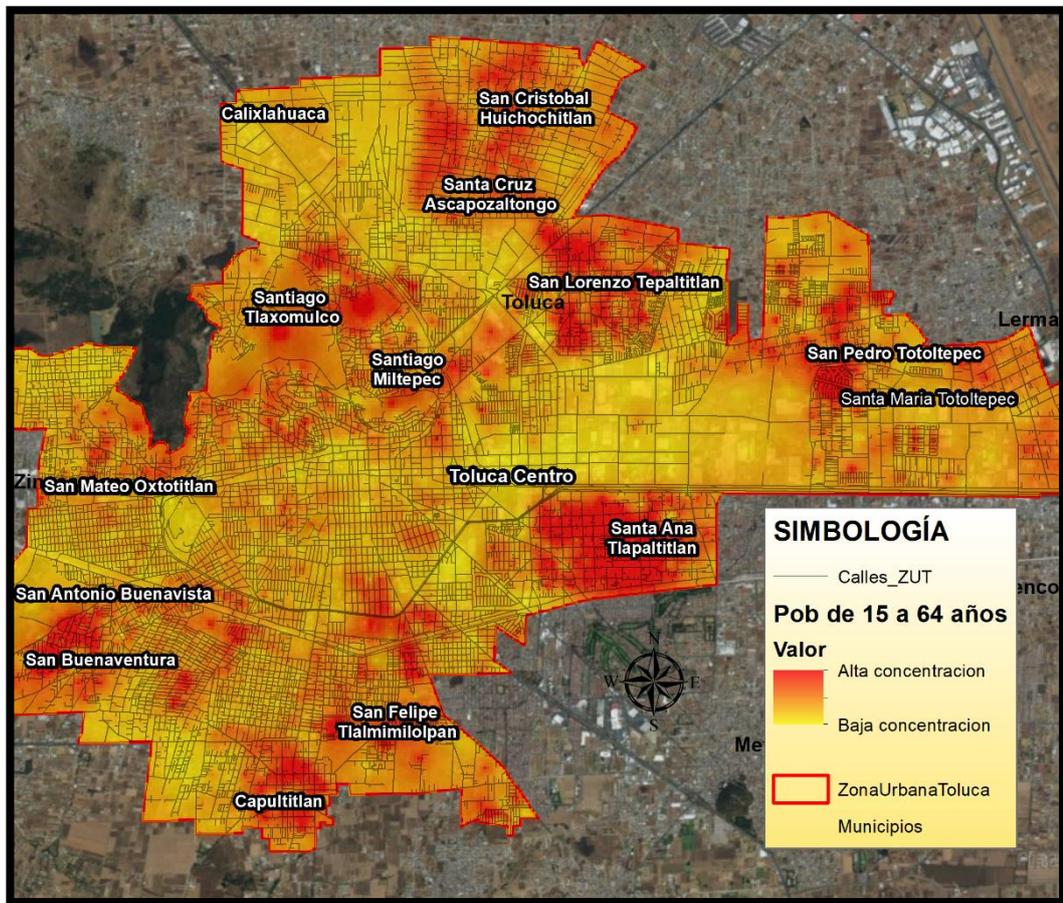


Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI 2010.

La población objetivo va de los 15 a los 65 años de edad, dentro de este rango de edad se encuentran 326155 habitantes, distribuidos en la zona de estudio, existen zonas en donde se concentra la población, además es importante destacar que más del 80% se encuentra en edad de andar en bicicleta, rango determinado según la OMS (2016), siempre y cuando sean personas sin ninguna discapacidad o enfermedad que les impida realizar actividad física.



Mapa 5. Mapa de Concentración de la Población de 15 a 64 años.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI 2010.

En contraste, con este análisis se puede determinar si existe una relación entre los lugares en donde ese concentra la población y los lugares en donde se concentran las actividades, ya que en función de eso se hará la propuesta de donde pasara la ciclovia, considerando conectar los puntos de mayor actividad dentro de la ciudad.

3.3. Análisis de las condiciones de la ciclovia actual

La Zona Urbana de Toluca, es una ciudad que cuenta con una ciclovia, sin embargo en los últimos 3 años, el H. H. Ayuntamiento de Toluca habla de un gran proyecto de movilidad sustentable, la mejor del mundo, segura, etc.



Pero la realidad es que se ha quedado siempre en la llamada “Primera Etapa” esto se puede corroborar en el actual plan de desarrollo municipal 2016-2018.

3.3.1. La ciclovía actual

Según la (RAE 2018) la ciclovía es en una vía pública, carril destinado exclusivamente a la circulación de bicicletas. Actualmente existen solamente 10km de ciclovía exclusiva, es decir un carril solo para viajar en bicicleta, ya sea de uno o 2 sentidos, en comparación con los 1563km de calles de la ZUT, en el mapa 5 se observa el primer tramo que va desde Ciudad Universitaria hasta la Alameda, sobre la calle de Hidalgo principalmente, dicho tramo cuenta con dos carriles de ciclovía exclusiva, protección y señalamientos dirigidos principalmente a los usuarios de vehículos automotores, sin embargo no existe una regulación legal para que el ciclista este protegido.

Mapa 6. Ciclovía de La Zona Urbana de Toluca, Tramo 1 Ciudad Universitaria.

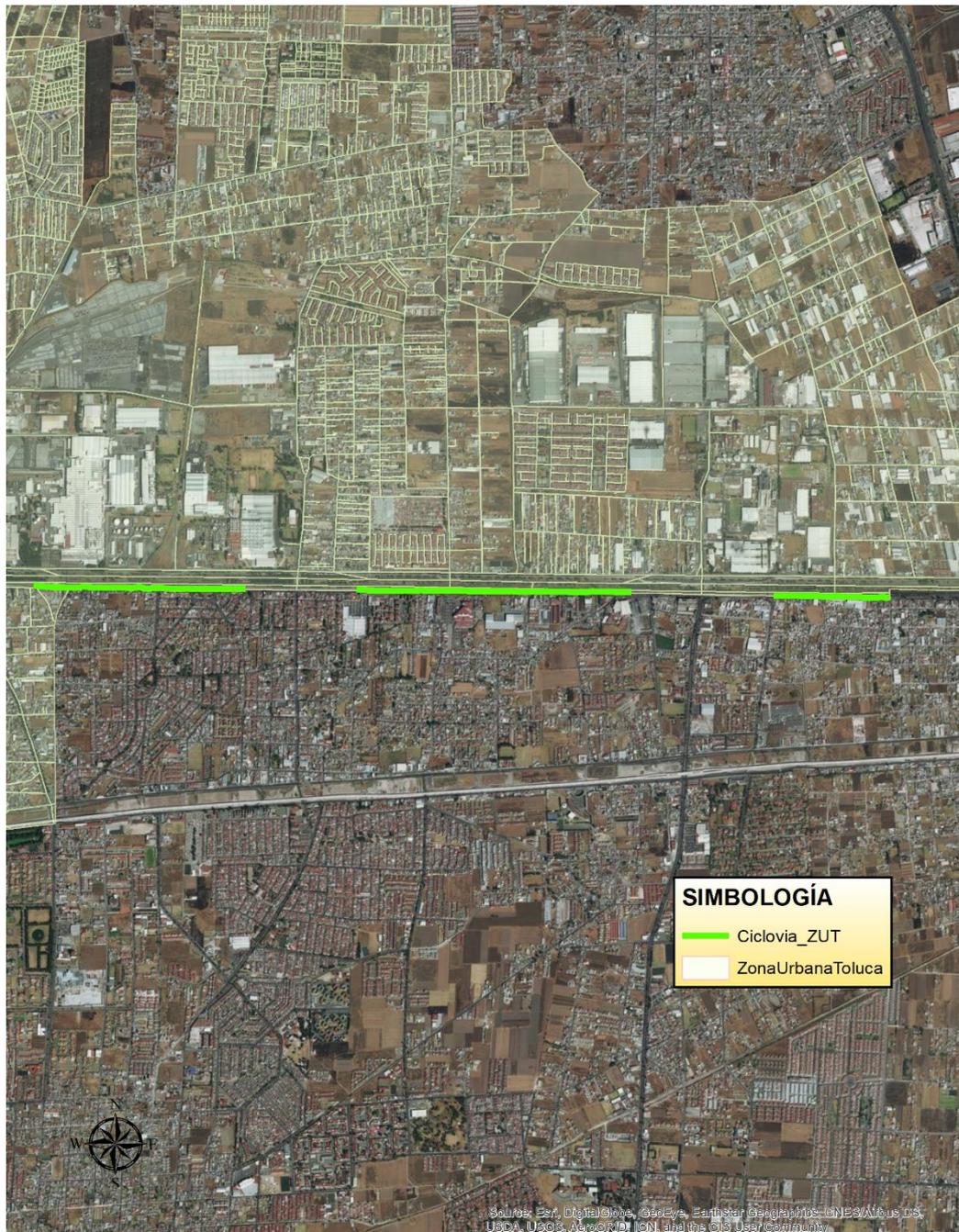


Fuente: Elaboración propia por digitalización en Google Earth y verificación en campo.



El tramo que va de CU hasta la alameda, es uno de los tramos con mayor cantidad de señalamientos, sin embargo no se respeta, en donde los automóviles se estacionan sobre la banqueta y la ciclovía, tampoco hay una reglamentación que sancione a automovilistas o peatones por no respetar la misma.

Mapa 7. Ciclovía de La Zona Urbana de Toluca, Tramo 2 Tollocan.



Fuente: Elaboración propia por digitalización en Google Earth y verificación en campo.



Otra situación que se detectó en el diagnóstico de la red de ciclovía, es la falta de conectividad y cobertura de la red, pues el primero tramo que va desde Ciudad Universitaria hasta la Alameda, solamente conecta una distancia de 2.5 kilómetros, sin contar con estacionamiento de bicicletas.

3.3.2. Infraestructura ciclista

La ciclovía de la ZUT es la base de la infraestructura ciclista, ya que como menciona (Hook, 2006), la implementación de movilidad no motorizada debe de considerar a la bicicleta como vehículo preferente, esto implica tener un carril exclusivo y un reglamento que le dé prioridad de tránsito sobre de los demás medios de transporte.

Durante el año de 2015 el Ayuntamiento de Toluca en coordinación con la agencia alemana (GIZ) crearon el programa Ecozona Toluca, cuyo objetivo central estriba en reducir las emisiones contaminantes, mejorar la movilidad, la calidad de vida y la salud tanto de la población residente como de quienes transitan por ella.

La Ecozona contempla siete categorías integrales, de la cual sobresale la movilidad inteligente, siendo el sistema de transporte público individual HUIZI, el factor preponderante para consolidar los objetivos de dicha categoría, mismo que impulsa el uso de la bicicleta por ser un medio económico, no contaminante, ágil y que favorece la condición física y la salud del usuario (López, 2015).

En el sistema HUIZI, se invirtieron 36 millones de pesos, mismo que cuenta con 26 cicloestaciones, 350 bicicletas dentro del polígono de la EcoZona (Mapa 5). El sistema tiene capacidad para atender a 4 mil usuarios y realizar un promedio de hasta 2 mil viajes diarios.

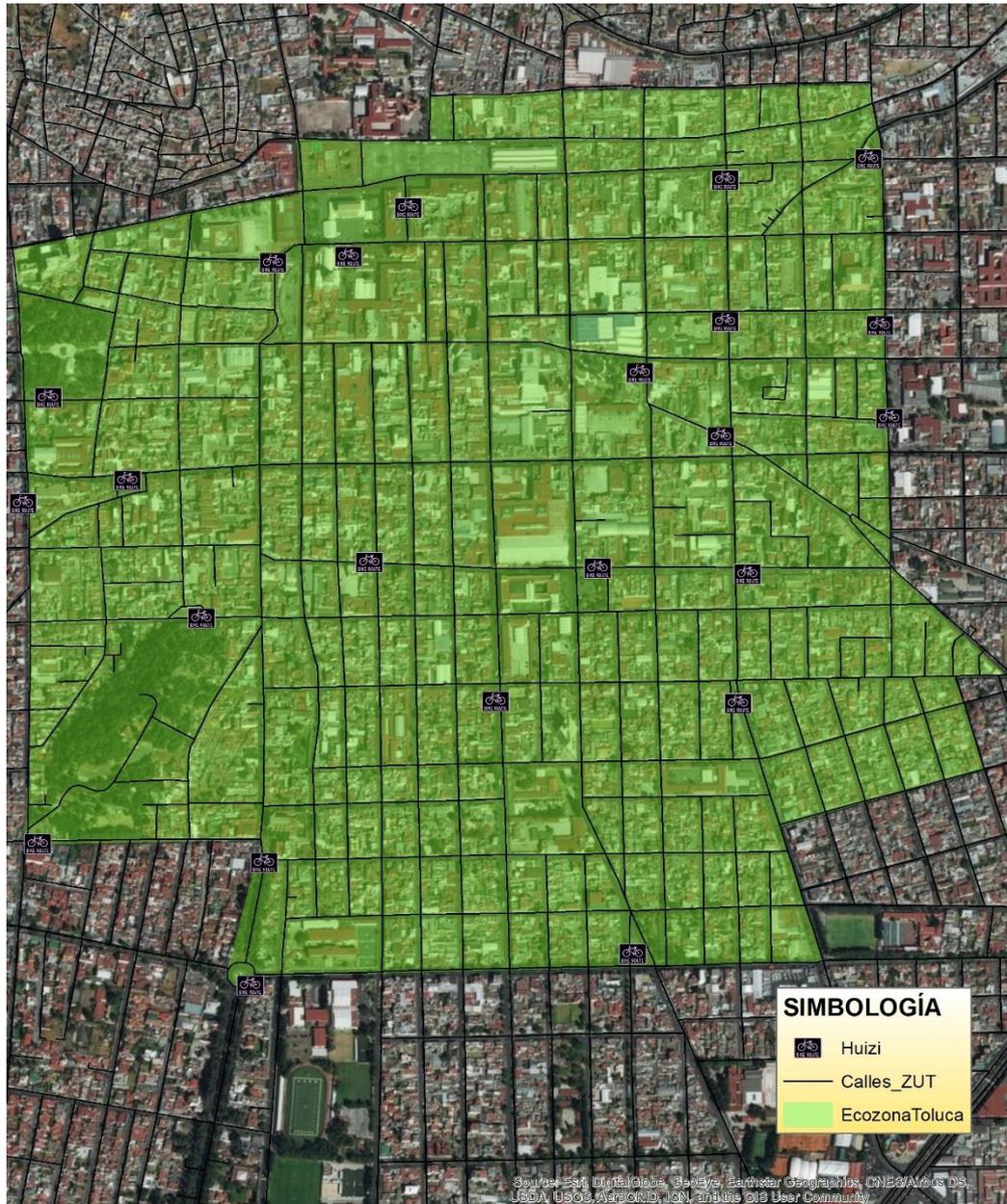
Este sistema se creó con la finalidad de reformar la accesibilidad a bienes y servicios, favoreciendo el desarrollo de una ciudad competitiva, reducir la congestión vehicular y optimizar la calidad del aire, ofrecer una forma



sencilla y práctica de introducir a las personas al ciclismo, mejorar la salud de los usuarios al promover la movilidad activa, a través del uso de la energía propia, proyectar una imagen de la ciudad moderna y vanguardista, que puede ayudar a transformar la cultura del ciclismo en una ciudad, así mismo incrementar el alcance del transporte público ya que cubre la distancia entre la estación y el destino final del pasajero (López, 2015).

En noviembre del 2016, el presidente municipal, Zamora Morales reconoció que a un año de inaugurado el sistema de bicicleta publica, que presta servicio en las inmediaciones del centro de la ciudad, adeuda 12 millones de pesos a los proveedores canadienses, pagos por herramientas y el software con el que funciona, se declaró que el servicio no es funcional en toda la zona que está disponible (Gonzalez, 2017).

Mapa 8. Ecozona y Huizi de Toluca.



Fuente: Elaboración propia por digitalización y trabajo de campo.

En términos generales se puede observar que el área donde se encuentran distribuidas las estaciones de renta de bicicletas de Huizi es muy pequeña, por lo cual la cobertura y alcance ocasionan que no sea rentable, sin embargo se deben de analizar todos los factores que definan las causas principales por las cuales mejore la movilidad y se aprovechen estos esfuerzos de inversión que ya se han realizado.



3.2.3. Señalamientos y equipamiento de la ciclovía

Como parte del diagnóstico se realizó un levantamiento de campo con la finalidad de reconocer las características de la ciclovía actual, sus medidas, sus señalamientos y las condiciones de mantenimiento que permitan su uso adecuado.

Imagen	Medidas	Características	Ubicación
	1.20, 15cm la protección de plástico	Pavimento Carril exclusivo Sobre la calle	Calle paseo Vicente Guerrero
	50x50cm	Señalamiento Azul de bicicleta Es un señalamiento indicativo como el de un restaurant.	Calle paseo Vicente Guerrero
	Ancho 2,60 15cm la protección de plástico, los tubos en u invertida miden 80cm de ancho y 1m de alto.	Doble carril y sentidos bien definidos por líneas y flechas	Calle Hidalgo desde Vicente Guerrero Hasta Independencia
	110x50cm	Se ve solo en el sentido que circulan los autos. Existe ese señalamiento triple o también separado, con las mismas indicaciones	Calle Hidalgo desde Vicente Guerrero Hasta Independencia



	2.70m de ancho	Pavimento Carril exclusivo Sobre el camellón Tramos cortados Cruces peligrosos	Ciclovia sobre camellón de Tollocan
	80x40cm	Señalamiento blanco, letras negras Solo hay un cruce con este señalamiento	Ciclovia sobre camellón de Tollocan

Teniendo este acercamiento con las condiciones de infraestructura, se identificó que hace falta más señalización, por lo menos como en la calle de Hidalgo, sin embargo no solo se trata de mejorar las condiciones de la ciclovia actual, si no de mejorar la cobertura, el alcance y la accesibilidad en las zonas con mayor demanda de actividades.

3.2.4. Reglamentación legal para la movilidad Ciclista

El tránsito de Toluca está regulado por el Reglamento de Tránsito del Estado de México, publicado en la gaceta de Gobierno el 11 de Septiembre de 2017. En esta parte del diagnóstico se analizan los artículos relacionados con el uso de la bicicleta y todo lo relacionado a la movilidad con este vehículo.

1. No existen permisos ni licencias para ciclistas, el Artículo 40 menciona en la segunda parte: las personas que conduzcan bicicletas y vehículos de tracción no mecánica, que solamente



requieran registros ante las autoridades municipales en los términos del reglamento o bando respectivo.

2. Según el Título Cuarto del Tránsito en la vía Pública, según el Artículo 51: las Ciclopistas son el tercer orden y no especifica de que constan a diferencia de las vías primarias y secundarias, esto quiere decir que no hay una especificación regulada normativamente para definir una ciclovia.
3. Según el artículo 52 fracción I, los bici estacionamientos y áreas de resguardo de bicicletas están considerados como áreas de transferencia, que es el equivalente a una terminal o una estación de autobús.
4. En el Capítulo 5, De los peatones, escolares y ciclistas, se dice que deben de respetar los señalamientos y a los agentes de tránsito, y para fines el diagnostico se destaca todo lo que viene en el artículo 98: Los conductores de bicicletas y triciclos podrán hacer uso de las vías públicas en el Estado, sujetándose a las reglas siguientes:
 - I. Circular con precaución únicamente en las ciclopistas o sobre la extrema derecha de la vía en la que transiten;
 - II. Abstenerse de circular sobre las aceras o áreas reservadas a los peatones, así como asirse a otro vehículo para ser remolcado; y
 - III. Obedecer las señales e indicaciones de los agentes de tránsito

Se puede concluir lo siguiente, primero que estas son todos los artículos relacionados con el uso de la bicicleta lo cual indica que el nivel de prioridad a este vehículo es de un orden muy bajo en su jerarquía, pues todas las especificaciones y detalles están dirigidas a vehículos automotores.

Al no existir especificaciones reguladas sobre cómo debe de ser una ciclovia, la opción es circular por la derecha, pero no hay



indicaciones a los automovilistas de respetar, por lo cual en caso de accidente no hay un respaldo que proteja al ciclista.

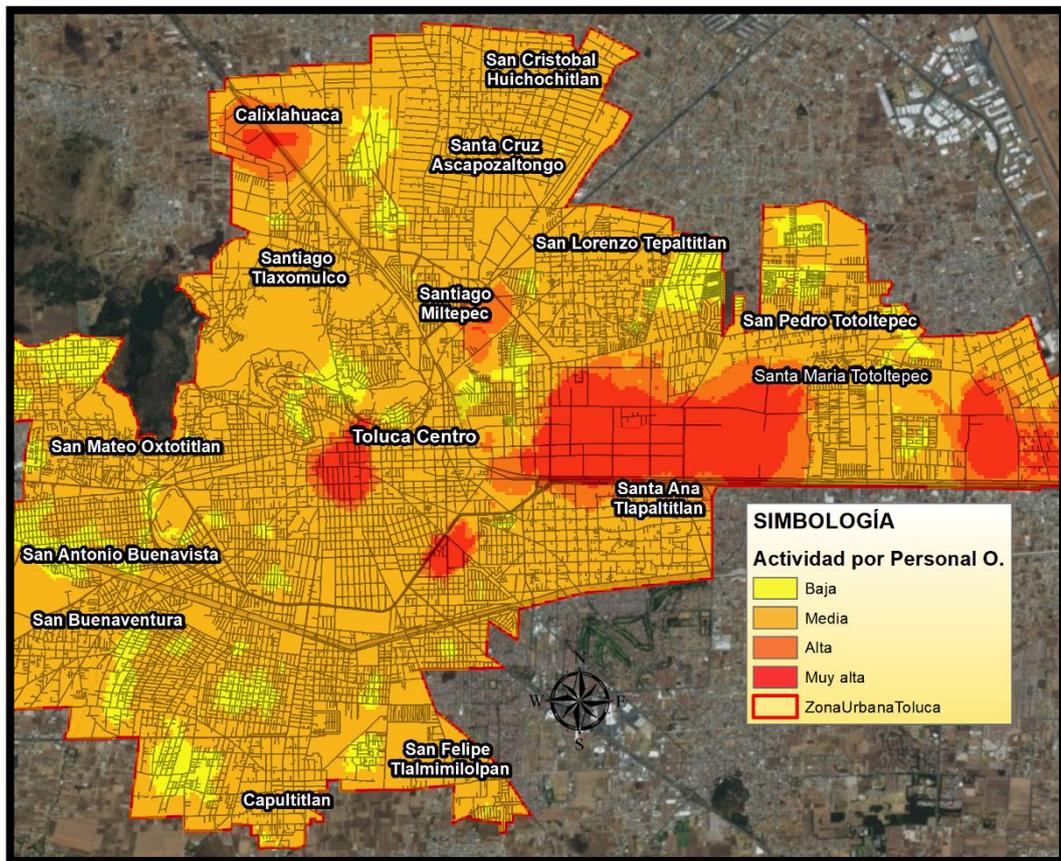
Finalmente no existe una prioridad hacia los ciclistas, es evidente que todo el reglamento está dirigido a los vehículos automotores, tanto reglamentación, señalamientos he infracciones, este es un factor fundamental que se debe de llevar de la mano a la hora de proyectar la ciclovía como movilidad sustentable, dentro de la propuesta se harán recomendaciones para que sean añadidas al reglamento de tránsito, en las que se clarifiquen puntos importantes que respalden a los usuarios de este vehículo.

3.4. Atractores, generadores y accesibilidad a la ciclovía

Como se menciona en la metodología, según (Serrano J. A., 2015) las principales actividades por las cuales se desplaza la gente diario son la escuela y el trabajo, derivado de esto se generó el mapa de atractores, basado en el DNUE 2016, considerando el personal ocupado de cada sección electoral según las unidades económicas que están dentro de cada manzana, obteniendo la suma de personas que trabajan en cada manzana y representándolo con un interpolado Kriging (Mapa 9).



Mapa 9. Mapa de actividades por personal ocupado según el DNUE 2016.



Fuente: Elaboración propia con datos del DMUE 2016.

La concentración de actividades en una zona urbana está relacionada con la cantidad de personas que realizan sus actividades en diferentes puntos, el DNUE 2016 muestra el personal ocupado de cada establecimiento, posteriormente se realizó un Spatial Join para tener la suma del personal ocupado en cada manzana.

Finalmente se hizo un mapa temático con interpolación utilizando una herramienta SIG del módulo de análisis Geoestadístico, un interpolado Kiging de predicción simple, de esta manera se representa la concentración de actividades por personal ocupado (mapa9).

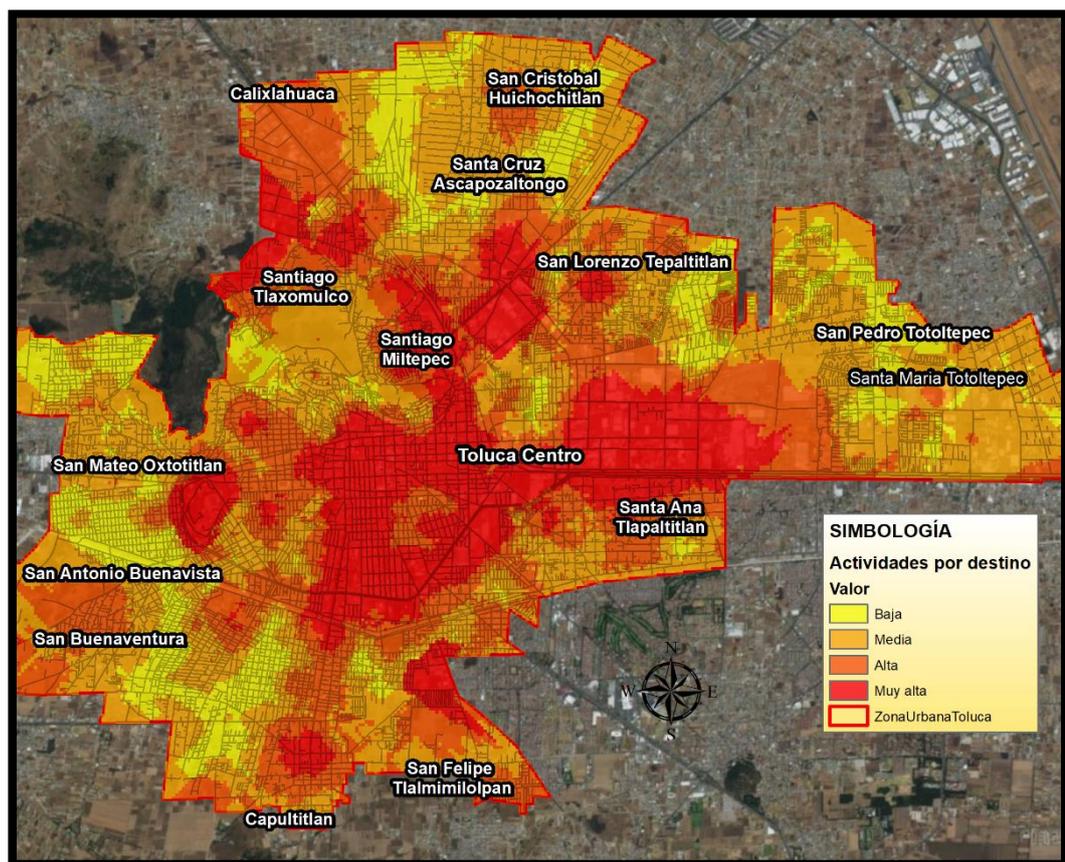
Según el mapa 9 podemos observar que existen zonas donde se concentra la mayor cantidad de personal al ocupado, todas estas personas trabajan en los diferentes establecimientos dentro de la zona de



estudio, esta concentración de actividades laborales indica la demanda de transporte, también se consideró para la elaboración de la propuesta, además de atender la demanda, la propuesta va dirigida para esta población que labora, brindando conectividad y accesibilidad a la ciclovía.

Según la encuesta origen-destino realizada en el año 2007, se retomó la información de destinos, se sumaron los destinos que se encuentran acumulados en cada manzana, para posteriormente hacer un mapa interpolado que muestra en donde se concentran las actividades según los destinos de las personas, esto quiere decir que muestra en a donde se dirigen las personas diariamente (Mapa 10)

Mapa 10. Mapa de Actividades por destino.



Fuente: Proceso de variograma y kriging de la encuesta origen destino 2007.



Al igual que en el mapa 9 se puede observar que existen zonas bien definidas en donde se concentran los destinos, lo cual indica que hay lugares en donde más gente realiza sus actividades, generando “zonas de concentración de actividades” para realizar la propuesta se tomaron en cuenta estos indicadores, los cuales significan la demanda existente en términos de movilidad.

Para efectos del análisis espacial se realiza un análisis multicriterio de estos dos últimos indicadores, con la finalidad de generar un indicador único que muestre las zonas de principal actividad en la ciudad.

3.5 Análisis multi-criterio

Para poder realizar el análisis multicriterio, se necesita tener las variables ponderadas en un mismo valor, para poder calcular el resultado, para este caso se utilizó el método de normalización simple, para posteriormente sumar los valores de ambos indicadores y generar el mapa temático correspondiente.

Cuadro 3. Normalización y asignación de peso a la suma del personal ocupado por manzana DNUE2016.

La clasificación de este indicador se divide en 4 rangos obtenidos de la desviación estándar de todos los valores, en donde los valores que representan mayor cantidad de personal ocupado tienen mayor importancia y por consecuente mayor peso.

PO por manzana	Grado de Importancia	Peso	Peso Normalizado
0 a 52	Baja	10	0.1
53 a 124	Media	20	0.2
125 a 196	Alta	30	0.3
197 a 2047	Muy alta	40	0.4
		100	



Cuadro 4. Normalización y asignación de peso a los destinos de la Zona Urbana de Toluca.

La clasificación de este indicador se divide en 4 rangos obtenidos de la desviación estándar de todos los valores, los valores con mayor peso se asignaron a las manzanas en donde llegan más personas (destinos).

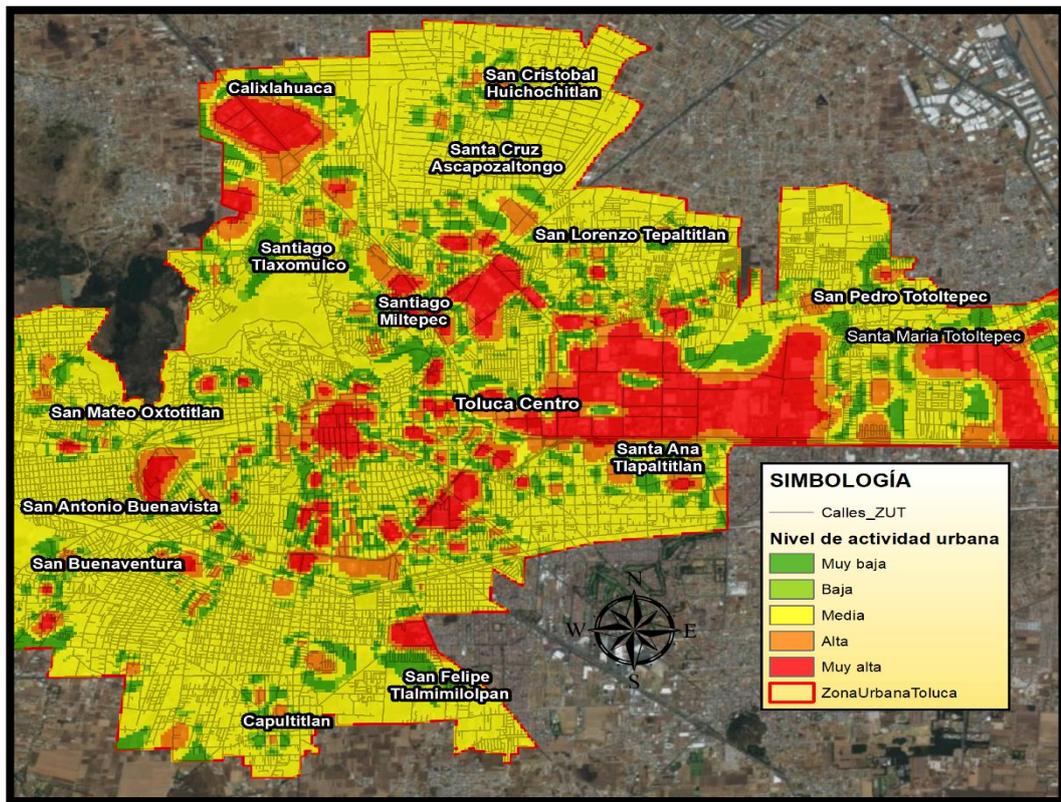
Destinos por manzana	Grado de Importancia	Peso	Peso Normalizado
0 a 7	Baja	10	0.1
8 a 20	Media	20	0.2
21 a 32	Alta	30	0.3
32 a 429	Muy alta	40	0.4
		100	

Con la asignación de estos valores, se realiza una suma de ambos, en cada manzana se tendrá un valor final que representa el indicador “zonas de actividad urbana”.

Con este indicador se realiza el mapa 11, en donde se puede ubicar de manera más acertada los lugares más concurridos de la ciudad y que dará pauta al trazado de la ciclo vía, con el fin de tener cobertura en donde se demanda.



Mapa 11. Mapa de Zonas de Actividad Urbana



Fuente: Elaboración propia por análisis multivariado.

Las zonas rojas indican que hay una alta actividad urbana, por lo que fue fundamental en la propuesta dar cobertura de acceso a la ciclovía, para fomentar la movilidad sustentable en los lugares donde más se demanda, las rutas foráneas que llegan a la ciudad alcanzan algunas de las zonas de mayor actividad, por lo cual el conectar la ciclovía permitiría tener una movilidad intermodal de mejor calidad para los ciudadanos.

El diagnóstico realizado ha dado una visión completa de la situación actual en que se encuentra la ciclovía, en términos de infraestructura y percepción social, por otro lado las condiciones físicas de pendiente y distancia no son problema para la movilidad en bicicleta, pero el clima si ya que son 4 meses lluviosos, una tercera parte del año está lloviendo, por lo cual la propuesta toma un enfoque dirigido al equipamiento de infraestructura adicional para el factor climatológico.



Así mismo se ubicaron las zonas específicas en donde la gente realiza sus actividades diarias, dichas zonas son el área de demanda específica en donde hay que dotar de infraestructura ciclista.

Con estos resultados se tiene una estructura de información que permitió realizar la propuesta en base a una demanda real, teniendo como objetivo tener la cobertura total de estas zonas de concentración de actividades, garantizando la mejora de las condiciones para desplazarse en bicicleta, con seguridad y accesibilidad suficiente para la toda la zona de estudio.

De este el diagnóstico realizado fundamenta la propuesta, ya que los datos y resultados obtenidos, son un acercamiento a la situación actual de la movilidad en la ciudad, tanto las condiciones sociales, culturales económicas y de infraestructura, son importantes y van incluidas en la propuesta de mejora.



IV Resultados y Conclusiones

Basado en el diagnóstico y los mapas realizados se obtienen los siguientes resultados, enfocados a resaltar asociaciones espaciales que permitan conocer la situación real de la movilidad en bicicleta y poder conocer el fenómeno de la movilidad actual, proponer la posible solución para potenciar el proyecto sustentable que se desarrolla en la ciudad.

En cuanto a las condiciones físicas y climáticas, se encontró que no son un factor que impida el utilizar la bicicleta, pero en los meses lluviosos se debe de considerar equipo especial, para los ciclistas y para la infraestructura, para poder utilizar la bicicleta en cualquier mes del año.

La población también se concentra en zonas muy específicas de la ciudad, tiene un mayor porcentaje de habitantes que son usuarios potenciales para andar en bicicleta, esto determinado por la edad de cada persona.

Aunque las áreas de concentración de la población no coinciden con las de mayor actividad en la ciudad, nos indica que incluso la gente que vive en la Zona Urbana de Toluca también tiene desplazamiento para realizar sus actividades diarias, es por eso que el análisis se enfocó en esos puntos específicos donde la gente se mueve diariamente.

En lo que respecta a la ciclovía actual, la relación de kilómetros de ciclovía vs de calle es muy grande ya que son 10km vs 1500 km, tal diferencia nos habla de una muy baja cobertura y por tanto sin conectividad, no beneficia la movilidad entre puntos importantes, aunque las condiciones de infraestructura son aceptables y pueden mejorar, la necesidad principal es ampliar la ciclovía ya considerando todo el proyecto de infraestructura que se requiera, con señalamientos y el equipamiento necesario.

Según la teoría de grafos para que una ruta sea funcional es importante que tenga buena conectividad, sin embargo la diferencia tan grande entre km de calle y ciclovía indica que no cumple las necesidades de la población, motivo por el cual no se utiliza.



Por otro lado la normatividad es tan importante como la ciclovoía ya que un sistema de movilidad de cualquier tipo no puede estar sin lineamientos y reglas para los usuarios, es necesario el orden basado en un reglamento con sanciones a los que no respeten la funcionalidad de la ciclovoía.

Es necesario también para regular la movilidad intermodal, que cada modo de transporte cuente con sus lineamientos, conservando la jerarquía de movilidad, según el Instituto Mexicano de Transporte (2016), La jerarquía de la movilidad urbana prioriza los modos de transporte que promueven la equidad, el beneficio social y dañan menos al medio ambiente.

El orden debe dar prioridad a peatones (especialmente a personas con discapacidad, niños, adultos mayores, etc.), después a ciclistas, seguidos de usuarios de transporte público, transporte de carga y al final el automóvil y motocicletas, también promueve que el derecho a moverse por la ciudad es universal y no debe reservarse sólo a los propietarios de automotores privados.

La falta de artículos en el reglamento de tránsito que beneficien la movilidad sustentable a través del uso de la bicicleta, es una muestra de la falta de importancia que los tomadores de decisiones le tienen a este vehículo, pero afortunadamente la inversión en proyectos sustentables ha aumentado, por eso son necesarios este tipo de investigaciones, remarcando que esta investigación se pretende llevar a las autoridades de gobierno o iniciativa privada para su creación en la ciudad.

La percepción social, acepta totalmente la idea de hacer sus actividades y desplazarse en bicicleta, pero con la condición de que sean adecuadas para su seguridad, más del 90% están de acuerdo, pero depende de hacer una ciclovoía que cumpla todos los requerimientos, como son, seguridad, equipamiento, accesibilidad, conectividad, normatividad y prioridad al ciclista



Con este contexto el enfoque a las zonas donde la gente realiza sus actividades diariamente, se encontró a través del DNUE 2016 la población que trabaja en cada establecimiento y por consecuente que diario se mueven hacia ese lugar, logrando como resultado zonas muy específicas en la ciudad, por otro lado según la encuesta de origen destino 2007, se obtuvieron también los puntos a donde la gente se dirige teniendo agrupaciones espaciales muy importantes.

Ambos indicadores se tomaron en cuenta para generar uno solo y tener una mejor visualización de donde se concentran las actividades y se logró obtener el mapa de zonas de actividad urbana, el cual es la base para el trazo de la propuesta de ciclo vía.

Cabe mencionar que el análisis multicriterio es una herramienta para la toma de decisiones en donde las variables son elegidas por el especialista, la elección de estas variables depende del fin o el objetivo que se pretende alcanzar, en este caso es con el objeto de ubicar espacialmente las zonas de mayor demanda en la Zona Urbana de Toluca y por tanto se eligió la población ocupada por manzana y la concentración de destinos por manzana.

La propuesta se trazó en sobre el mapa de concentración de actividades considerando la cobertura, accesibilidad y conectividad, elementos necesarios para cumplir con una propuesta que se pueda llevar a cabo y por tanto se pueda hablar de una movilidad sustentable en Toluca.

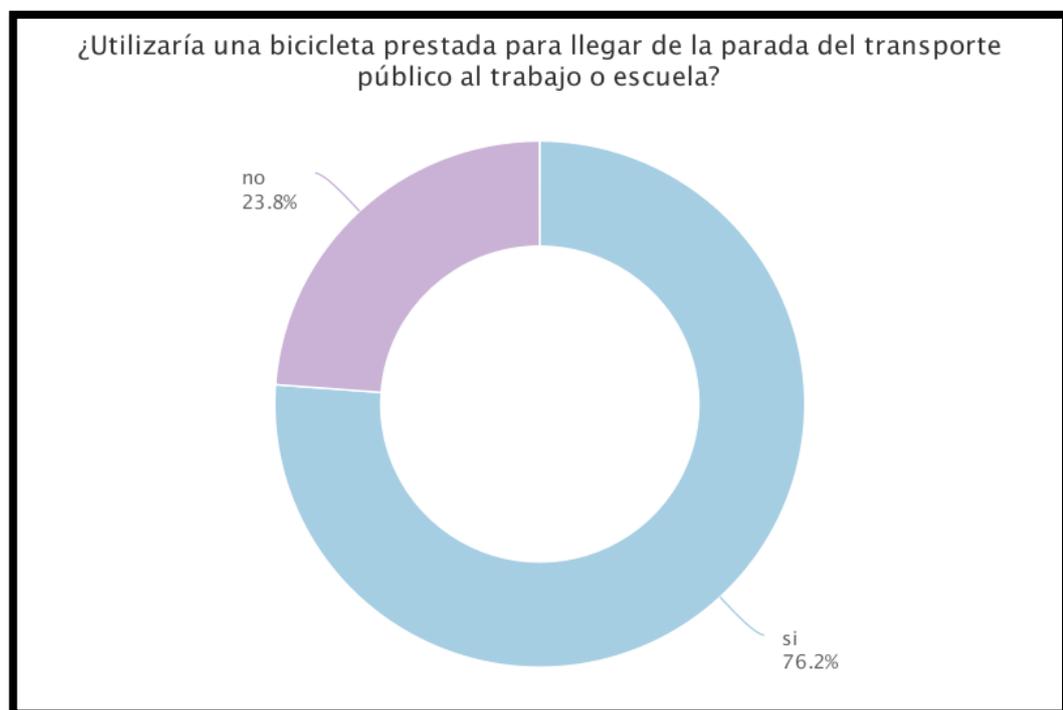
Además de proponer la traza para la ampliación de la ciclovía, también se sugieren distintos tipos de infraestructura que varían de acuerdo a su costo, amplitud y diseño, también para la parte normativa se proponen algunos artículos para el reglamento de tránsito, los cuales tienen que ver totalmente con la circulación adecuada de ciclistas y las interacciones con los demás modos de transporte.



4.1. Resultados de la encuesta de percepción ciclista

La encuesta de percepción ciclista fue realizada a 500 personas en la zona de estudio, los resultados se muestran las gráficas, una por cada pregunta realizada, esta muestra es un acercamiento a la posibilidad de cambiar el modo de transporte en la Zona Urbana de Toluca, las respuestas de la población fortalecen la idea de una necesidad para la movilidad sustentable y lo que hace falta para lograrlo.

Grafico 2. Pregunta 1 de la encuesta de percepción social en la ZUT.

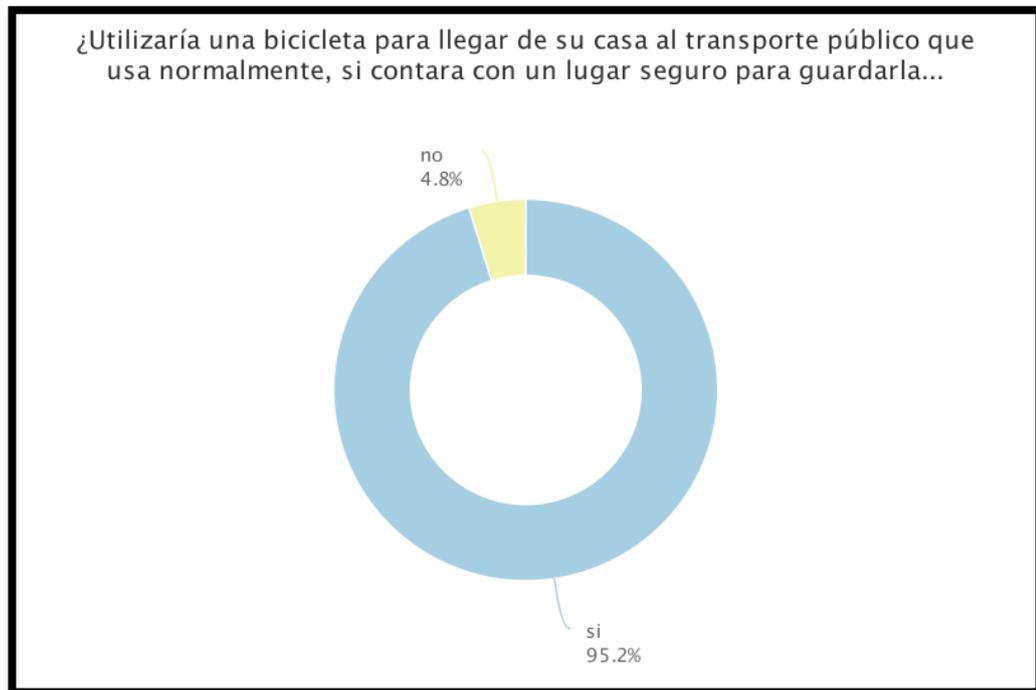


Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta de percepción social realizada en la presente investigación.

Como se observa en el grafico 2, más del 75% de la población utilizaría la bicicleta para usar la bicicleta y el transporte público, es decir hacer uso del transporte intermodal, se percibe una preferencia hacia esta opción de utilizar la bicicleta, esta pregunta es el primer acercamiento a como la población objetivo acepta esta propuesta.



Grafico 3. Pregunta 2 de la encuesta de percepción social en la ZUT.

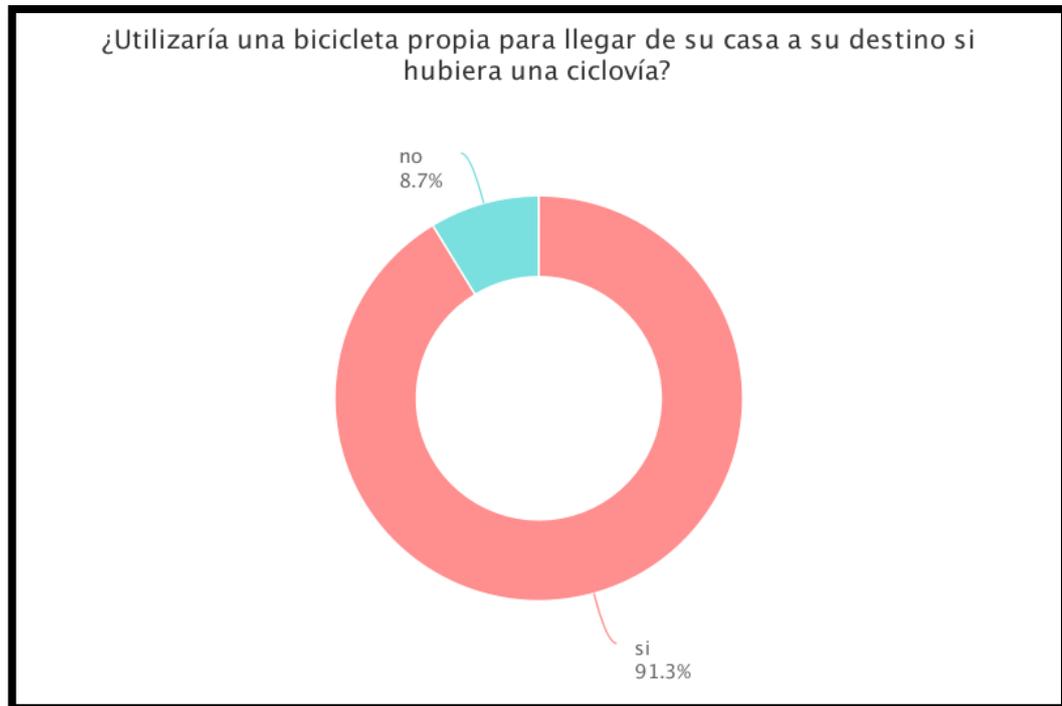


Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta de percepción social realizada en la presente investigación.

En este segundo gráfico, se puede observar que si añadimos a la pregunta un componente de infraestructura, la percepción positiva que se tiene es casi del 100%, ya que las personas están dispuestas a usar la bicicleta teniendo un espacio seguro para resguardarla, el equipamiento de infraestructura suficiente es la clave para que la gente pueda moverse cotidianamente en bicicleta.

El tener una seguridad para viajar de un punto a otro, es tan importante como contar con las condiciones adecuadas para resguardar este vehículo, si la población recibiera las condiciones adecuadas para poder andar en bicicleta en la ciudad, se establecerían los beneficios económicos, sociales y ambientales, resultado de la movilidad sustentable.

Grafico 4. Pregunta 3 de la encuesta de percepción social en la ZUT.



Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta de percepción social realizada en la presente investigación.

Teniendo en cuenta las 2 primeras preguntas se analiza el grafico 4, nuevamente ofrecer una condición adicional de infraestructura en la pregunta, genera una percepción de aceptación mayor, como resultado de estas tres preguntas realizadas se puede decir que las personas de la Zona Urbana de Toluca están dispuestas a utilizar la bicicleta si se dieran las condiciones de infraestructura adecuadas.

Como resultado de la pregunta numero 4: ¿En las condiciones actuales de circulación vial utilizarías la bicicleta para trasladarte dentro de la ciudad? y ¿porque? Al ser una pregunta abierta se analizó tomando en cuenta la mayor cantidad de respuestas parecidas o iguales, por lo tanto hubo dos respuestas que predominaron en la mayoría de los encuestados y fueron:



1. No porque es muy inseguro, peligroso, sin cultura vial, falta de respeto tanto del conductor y del peatón.

2. No, porque no existen las condiciones de infraestructura adecuada, como una ciclovía bien conectada y segura.

El resultado de la percepción que tiene la gente sobre este tipo de movilidad se define como insegura, peligrosa y con falta de condiciones adecuadas, englobando no solo infraestructura si no también reglamentación, también se percibe un positiva aceptación a la idea de utilizar la bicicleta, siempre y cuando existan dichas condiciones para circular en la bicicleta, tal como se apreció en la pregunta número 2 y 3.

La propuesta de esta presente investigación considero estos factores necesarios para la movilidad en bicicleta, pero además el enfoque espacial y de conectividad estará basado en los lugares en donde más se requiera, cumpliendo no solo la necesidad de infraestructura sino también de accesibilidad.

4.2. Resultados del aforo ciclista

Los datos obtenidos mediante el aforo son fundamento para la propuesta ya que a pesar de no existir las condiciones adecuadas para utilizar la bicicleta existe una cantidad considerable de personas que se desplazan a través de este vehículo.

Como se mencionó en la metodología, se consideraron los puntos en las calles principales de la ciudad, las que tienen mayor afluencia y son entradas principales, también ubicaciones donde ya existen tramos de ciclovía, con el fin de resaltar si a pesar de la falta de conectividad hay personas que la utilizan.



A continuación se enlistan los 8 puntos, con la calle en los que se realizó el conteo.

Tabla. Puntos y calles del aforo ciclista

Puntos del Aforo Ciclista
Punto 1 Adolfo López Mateos
Punto 2 Hidalgo
Punto 3 Independencia
Punto 4 Heriberto Henríquez
Punto 5 Toluca-Atlacomulco
Punto 6 Tollocan
Punto 7 Industria Automotriz
Punto 8 Ciudad Universitaria

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se aprecian los resultados generales del aforo, con un total de 521 ciclistas, en un día completo en los 8 puntos establecidos, cantidad considerable para el riesgo que conlleva circular con los vehículos automotores, autos, camiones, motos.

Tabla. Resultados del aforo ciclista 2018

Resultados Aforo Conteo Ciclista 21 de Junio de 2018								
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Hora	Conteo	Conteo	Conteo	Conteo	Conteo	Conteo	Conteo	Conteo
7am a 11am	57	34	3	17	46	35	44	10
12pm a 4pm	7	26	2	6	21	14	9	7
5pm a 9pm	29	29	3	12	38	29	41	2
Totales	93	89	8	35	105	78	94	19

Fuente: Captura de datos totales de aforo realizado en campo.

El conteo es un acercamiento a la situación actual de la movilidad en bicicleta de la ciudad, muchas personas utilizan la bicicleta arriesgándose, sin embargo la necesidad de utilizar un vehículo económico en comparación al transporte público o un auto particular.



Grafico. Porcentaje de ciclistas



Fuente: Elaboración propia con datos del conteo ciclista.

Las vialidades principales que llegan desde afuera hacia la ciudad o hacia las zonas industriales en donde mayor cantidad de ciclistas circulan, estas personas están arriesgando no solamente por falta de infraestructura, si no por un reglamento que les dé prioridad, además de la falta de cultura vial, en donde los conductores de vehículos automotores imponen la preferencia en la circulación diaria.

Sobre la vialidad de Hidalgo que es donde se encuentra la mayor cantidad de infraestructura ciclista y el tramo más largo de ciclovía con protección, es una ruta por donde pasaron muchos ciclistas casi tantos como en las entradas a la ciudad, esta movilidad en bicicleta existe sin embargo las limitaciones antes mencionadas no permiten que aumente y se hable de una movilidad intermodal sustentable.



En el siguiente grafico se muestran los totales del conteo por rango de edad, en donde se destaca una que 68% de ciclistas tienen de los 23 a los 50 años de edad, este dato coincide con la población objetivo de este trabajo de investigación, edad en la que además es necesario realizar actividad física, los beneficios de esta movilidad son diversos, la población en este rango de edad va desde jóvenes, estudiantes y trabajadores.

Grafico. Porcentaje de ciclistas por rango de edad



Fuente: Elaboración propia con datos del conteo ciclista.

El realizar el conteo es un indicador más que no solo muestra a situación actual de la movilidad en bicicleta en la ciudad, si no que también indica la demanda actual de los usuarios, los cuales arriesgan su vida diariamente, la propuesta cumple con cada aspecto que permita tener las condiciones adecuadas para la circulación segura, además de la reglamentación que dé prioridad según la jerarquía que propone el Instituto Mexicano del Transporte (2016).



4.3. Propuesta de ciclovía

La propuesta de mejora de la ciclovía para la Zona Urbana de Toluca en busca de una ciudad más competitiva, equitativa y sustentable. En este sentido, el proyecto va más de allá de ser una propuesta de infraestructura vial ciclista.

Este proyecto tendrá un importante impacto en la vida diaria de todos los ciudadanos, el cual nos hará reflexionar y actuar acerca de diversos aspectos; por ejemplo, cómo percibimos y vivimos nuestra ciudad, qué respiramos, cómo usamos nuestro tiempo, y hacia dónde y cómo nos movemos.

Los proyectos ciclistas son parte de los objetivos generales del Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018, que acaba de concluir y no se realizó nada relevante en términos de movilidad sustentable, solamente el mantenimiento de la ciclovía actual.

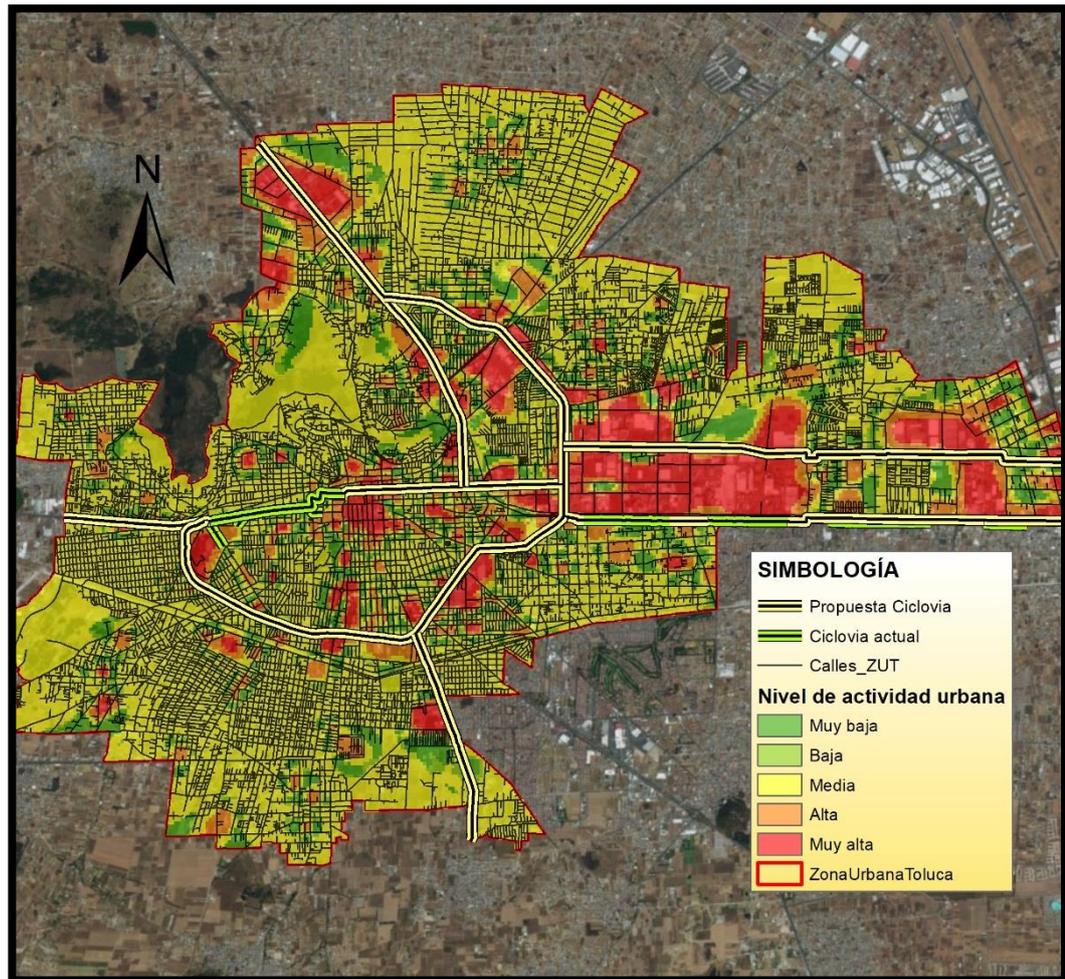
La propuesta o el escenario de propuesta, se trazó conectando los puntos principales de mayor actividad, que pasan sobre las vialidades principales de la ciudad, son algunas las que cuentan también con camellón ya que se puede aprovechar para no quitar carriles y hacerla más independiente.

El tipo de ciclovía que se propone construir depende de la vialidad y del presupuesto que se le detiene en un futuro a este proyecto, la traza conecta cada tramo dándole continuidad a la circulación en cualquier dirección a la que se dirijan los usuarios.

Para cada kilómetro que se propone construir serían carriles exclusivos para bicicleta, opción que brinda un mayor grado de seguridad a los ciclistas y fomenta la disminución de conflictos con los otros vehículos que circulan sobre la misma ruta.

En el mapa 11 se muestra la propuesta de la ampliación de la ciclovia, considerando conectar las zonas de mayor actividad y aprovechando las vialidades grandes, con espacio suficiente para la asignación de un espacio exclusivo para los ciclistas.

Mapa 12. Propuesta de ciclovia para la Zona Urbana de Toluca.



Fuente: Elaboración propia, digitalización sobre cartografía temática de la presente investigación.

La propuesta realizada considera un total de 40 km que darán cobertura a las zonas con mayor actividad en la Zona Urbana de Toluca, se propone además una adecuación normativa y realizar campañas de cultura vial donde se enseñe las responsabilidades y derechos que se tienen como



peatón, ciclista, automovilista y transportista público, así como las infracciones en caso de infringir lo establecido en dicha normatividad.

Los costos de construcción dependen del tipo de diseño de ciclovia, puede ser construida sobre la misma vialidad, o en algunos casos sobre las banquetas o camellones, es importante considerar que los costos pueden variar por diversos factores, ubicación, ajustes, calidad del material etc, los costos calculados en esta investigación (Tabla), son aproximados basados en la metodología que se utilizó para la ciudad de México y las construidas en algunos estados del país.

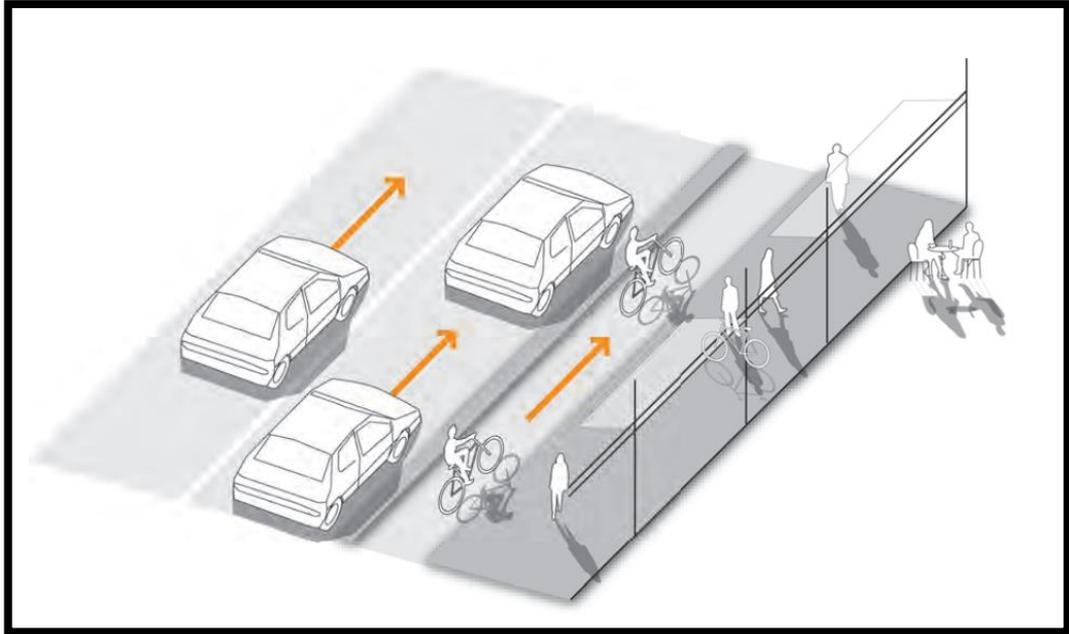
Tabla Costos aproximados por construcción de ciclovia.

Tipo	Costo por km	Costo de la propuesta
Un carril sobre la vialidad principal	322mil pesos	12 millones 880mil pesos
Doble carril en sentido de circulación sobre la vialidad principal	700mil pesos	28 millones de pesos
Un carril sobre camellón o banqueta	822mil pesos	32millones 880mil pesos
Doble carril sobre camellón o banqueta	1 millón de pesos	40 millones de pesos

Fuente: (Lastra, 2016), (GOBCDMX, 2015).

Es importante entender en que consiste cada tipo de ciclovia, ya que de eso depende su costo, además de saber elegir el modelo que más se adapte al tipo de vialidad, no solamente basarse en los costos, pues de esto dependerá su funcionalidad y su uso.

Figura Ciclovía sobre vialidad de un carril



Fuente: Estrategia de movilidad ciclista de la CDMX 2015: pp 30.

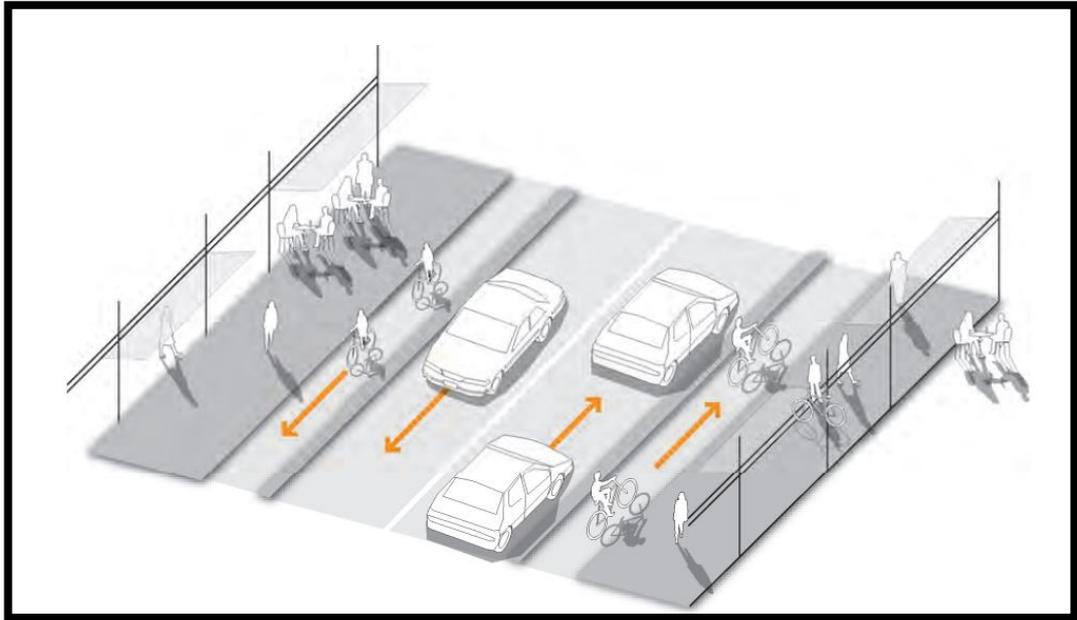
En este modelo para evitar serios accidentes entre los automovilistas y los ciclistas en los cruces, la infraestructura vial ciclista debe estar siempre al lado derecho de la calle, esto es crucial en calles y avenidas primarias.

Como los peatones circulan lento, y las bicicletas a una velocidad intermedia, los ciclistas están más seguros si quedan junto a las banquetas, entre el carril de tránsito vehicular lento y los mismos peatones.

Al poner la circulación ciclista del lado derecho de la calle y junto a las banquetas, en la ciudad se construirá gradualmente una red de infraestructura vial ciclista que será más fácil de reconocer y usar para los ciclistas.



Figura 2. Ciclovía doble carril en sentido de circulación.



Fuente: Estrategia de movilidad ciclista de la CDMX 2015: pp 32.

Al implementar dos carriles ciclistas de un solo sentido, tanto vehículos como ciclistas pueden ver mejor su posición al momento de llegar al crucero, la seguridad se incrementa justo donde más se necesita.

Los carriles ciclistas de un solo sentido reducen conflictos entre autos y ciclistas, particularmente cuando hay muchas bicicletas circulando o cuando las vías son muy angostas, además los carriles ciclistas de doble sentido incrementan conflictos y accidentes entre peatones y ciclistas, ciclistas y ciclistas, y automovilistas y ciclistas.

Al instalar los carriles ciclistas junto a las banquetas, se agrega al ciclista como parte de la vida pública a lo largo de su viaje: es fácil improvisar, saltar de la bicicleta para ir de compras y participar en otras actividades, la flexibilidad es una cualidad básica del ciclismo como actividad urbana.

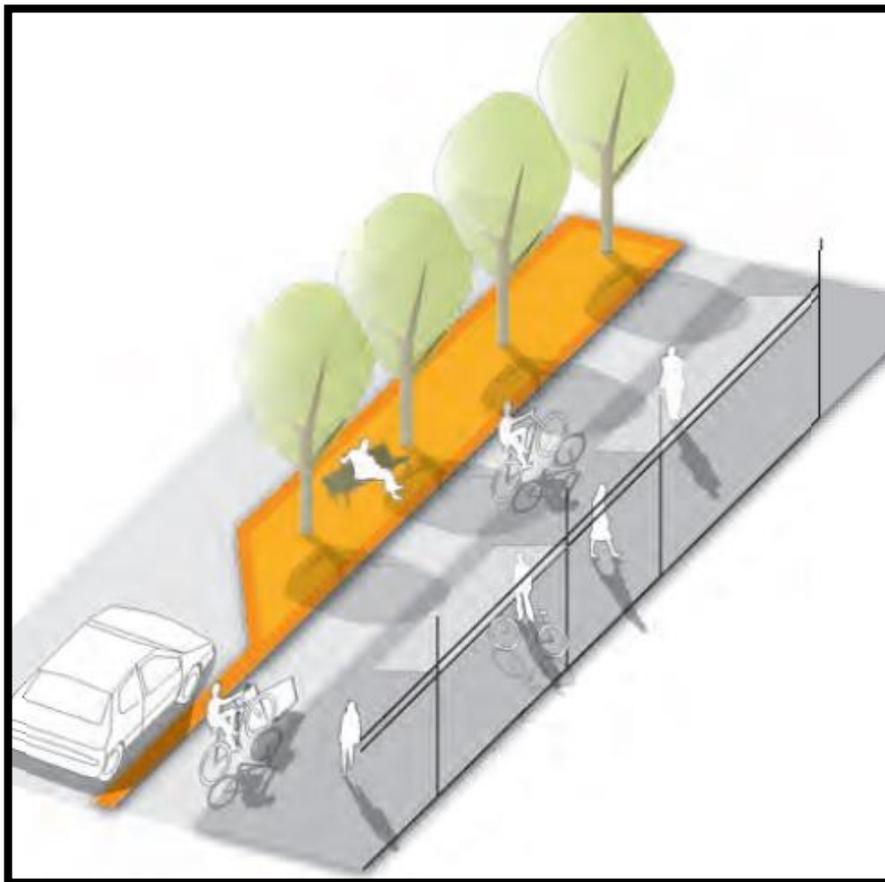
Los carriles ciclistas de un solo sentido sirven para integrar al ciclista al ambiente general y a las condiciones de circulación ya existentes: peatones, autos y transporte público, por lo contrario las ciclovías sobre



los camellones aíslan al ciclista, haciéndole menos visible, sobre todo en los crucesos.

Las intersecciones donde los autos dan vuelta son el mayor riesgo para los ciclistas, como toda la infraestructura vial ciclista llega a una intersección, éstas tienen que ser sencillas y legibles, asimismo deben establecer rutas directas en la medida de lo posible.

Figura Ciclovía sobre banqueta o camellón



Fuente: Estrategia de movilidad ciclista de la CDMX 2015: pp 41.

Se puede incrementar la comodidad en el entorno ciclista incluyendo varios elementos que se asocian con la vida pública, para ello se puede utilizar el área del separador, en este caso sobre la banqueta o el camellón.



La reducción de velocidad de los autos que circulan cerca de los carriles ciclistas, propicia un trayecto más cómodo a los ciclistas, el elemento de confinamiento es un espacio flexible en el que se puede ganar espacio para estacionamiento vehicular o ciclista, para colocar árboles y bancas o para instalar mobiliario urbano.

Esto dependerá de las características locales y del uso de la calle, cualquier uso adicional que se le dé a esta área no debe obstruir el flujo en la ciclovía, y de preferencia no deberá propiciar aglomeraciones que puedan perturbar el tránsito peatonal en esa zona, esta área debe ser pública y no de comercio.

Según la guía de diseño para ciclovía de la ciudad de México estos son los modelos de diseño que se sugieren para construir en la Zona Urbana de Toluca, la decisión de cual se utilizaría en cada uno de los 40 km de ciclovía propuesta, tiene que ser seleccionados en conjunto con las autoridades correspondientes para analizar su factibilidad, en términos de costo y espacio.

4.3.1. Propuesta de lineamientos normativos

Retomando el actual reglamento de tránsito que opera en la Zona de Estudio y su falta de normas que regulen y faciliten la circulación entre peatones, ciclistas y vehículos automotores, se proponen algunos términos y artículos que podrían ser añadidos al reglamento fomentando la cultura vial y dando seguridad a los ciclistas que circulen en la ciudad.

Estos lineamientos se encuentran contenidos en el reglamento de tránsito de la ciudad de México 2018 y del reglamento de tránsito de Nuevo León 2018.

1. Definir los conceptos básicos que diferencian a las personas que circulen en bicicleta:



- a) Ciclista: Conductor de un vehículo de propulsión humana a través de pedales, se considera también ciclista aquellos que conducen bicicletas asistidos por motores eléctricos siempre y cuando éste desarrolle velocidades de hasta 25 km/h-veinticinco kilómetros por hora;
- b) Ciclovía.- Es una vía o sección de una vía exclusiva para la circulación ciclista, físicamente separada del tránsito automotor, pero dentro de la superficie de rodamiento;
- c) Ciclocarril.- Es una franja dentro de la superficie de rodamiento destinada exclusivamente para la circulación ciclista; se delimita a través del señalamiento de un carril en el lado derecho de la vía;

Se proponen algunos artículos que regulan los derechos y obligaciones de los ciclistas, así como de los vehículos automotores que circulan conjuntamente, retomado de diferentes reglamentos de tránsito de otras entidades federativas.

1. El Municipio fomentará el uso de las bicicletas, bicimotos y triciclos entre sus habitantes con la finalidad de ahorrar en el uso de energéticos y coadyuvar a la conservación y protección del medio ambiente; para tal efecto, el Ayuntamiento, en la medida de sus posibilidades económicas, realizará la adaptación de ciclovías, ciclocarriles y carriles compartidos con ciclistas en las arterias públicas que, previo estudio, se determinen adecuadas. En las bicicletas, motocicletas y bicimotos que transiten por las calles y avenidas del Municipio que contempla este Reglamento sólo podrá viajar el conductor, con excepción de aquellas fabricadas o adaptadas especialmente para más de una persona.
2. Las bicimotos que utilicen gasolina para su propulsión serán consideradas dentro de la categoría de motocicletas.
3. Las bicimotos deberán contar con el siguiente equipo de alumbrado:
 - I. En la parte delantera un faro principal con dispositivos para cambio de luces, alta y baja; y



II. En la parte posterior, una lámpara de luz roja, con reflejante y luces direccionales intermitentes.

4. Para los efectos del presente Reglamento, los triciclos se equiparan a las bicicletas, salvo que la naturaleza del vehículo no lo permita.

5. En las vías de circulación en las que el Municipio establezca o adopte carriles como ciclovías, ciclocarriles y carriles compartidos con ciclistas, los conductores de vehículos automotores deberán respetar el derecho de tránsito y darán preferencia a los ciclistas que transiten en ellas.

6. Los ciclistas deberán observar las siguientes disposiciones:

I. Todas las bicicletas, bicimotos y triciclos deberán contar con luces intermitentes permanentes, preferentemente de color rojo, y accesorios reflejantes de la luz; éstos deberán colocarse en la parte posterior, en un lugar visible, además de conservarse limpio para evitar que se opaquen y debiliten sus efectos reflejantes;

II. Deberán circular preferentemente por el carril derecho, excepto cuando vayan a realizar un giro a la izquierda o cuando necesiten rebasar un vehículo más lento;

III. Maniobrarán con cuidado al rebasar vehículos estacionados;

IV. Circularán en una sola fila en el carril de bicicleta y cuando lo permita el señalamiento respectivo, podrán transitar 2-dos o más ciclistas;

V. No llevarán carga que dificulte su visibilidad, su equilibrio o su adecuado manejo;

VI. No deberán usar teléfonos celulares, radios, reproductores de sonidos y demás mecanismos que propicien distracciones al conducir;

VII. No deberán dar vuelta a mediación de la cuadra;

VIII. No deberán circular por la banqueta o zona de seguridad, jardines, ni en aquellos espacios reservados para los peatones, pero podrán circular en las ciclovías o ciclopistas que dentro de los parques o camellones están diseñadas por el Municipio con esos propósitos, salvo los ciclistas menores de 8-ocho años, quienes podrán circular por las banquetas con precaución y respetando a los peatones;



IX. Deberán manejar correctamente su bicicleta, bicimoto o triciclo absteniéndose de efectuar piruetas u otra maniobra cuya inadecuada operación constituya un peligro para sí o para otros usuarios de la vía pública;

X. Los ciclistas están obligados a respetar todas las señales de tránsito; bajo ninguna circunstancia deberán circular en sentido contrario al tráfico normal de vehículos ni cruzarse de una calle a otra o de un extremo a otro de la vía; y,

XI. Se prohíbe sujetarse de otro vehículo para ser remolcado.

7. Las personas que transporten bicicletas, bicimotos o triciclos en el exterior de vehículos automotores, están obligados a sujetarlos a sus defensas, o mantenerlas fijas sobre el toldo o sobre la caja, empleando mecanismos adecuados que eviten riesgos a los ocupantes del mismo vehículo, así como a los transeúntes.

Conclusiones

Para concluir este trabajo de investigación se retoma la hipótesis que se planteó al inicio, dando respuesta a la pregunta:

¿Qué está impidiendo que actualmente la población de la Zona Urbana de Toluca se transporte utilizando la bicicleta?

- a) Falta de infraestructura que garantice la seguridad del ciclista
- b) Falta de conectividad en los tramos actuales, pues no resuelve la demanda de movilidad en la ciudad.
- c) Falta de una cultura vial que fomente la buena circulación entre diferente modos de transporte

La hipótesis también plantea que la movilidad sustentable a través de la bicicleta se ha visto afectada por la falta de infraestructura, conectividad y equipamiento en las principales áreas de actividades de la población dentro de la Zona Urbana de Toluca.



Este planteamiento se confirma ya que no solo hace falta infraestructura, también hace falta normatividad, la población es consciente de esta falta de condiciones, por tal motivo no se fomenta el uso de la bicicleta, no es una posibilidad para las personas por los problemas antes citados.

También se plantea en la hipótesis que no existe un marco legal que regule el tránsito de ciclistas y su relación con los demás vehículos automotores, que incluya sanciones y regulaciones.

Según el diagnóstico, en el actual reglamento de tránsito no existen lineamientos, artículos ni sanciones que estén relacionadas con la ciclovía, los ciclistas y su relación con los diferentes modos de transporte, por esta razón en la propuesta se considero agregar los artículos y conceptos que resuelvan este problema legalmente, brindando seguridad a los ciclistas y claridad a la población sobre la jerarquía de la movilidad urbana.

La presente es una propuesta que cumple esa hipótesis ya que no existe una metodología que resuelva todo el problema de movilidad, así mismo en la Zona Urbana de Toluca no se hizo un proyecto que beneficiara a la población con las ciclovías, tal es el caso de fracaso del sistema de renta de bicicletas Huizi, el cual dejó una deuda debido a que no tiene la demanda suficiente para recuperar la inversión realizada.

Los planteamientos realizados en la hipótesis fueron acertados ya que se comprobó que todas las causas negativas que afectan la movilidad sustentable son ciertas, comenzando por la falta de infraestructura, de una red que de buena cobertura y conectividad, reglamentación y seguridad a los ciclistas, por lo tanto la propuesta realizada solventa esta problemática y da una opción viable de mejora a la ciclovía actual.

Según los objetivos se puede concluir que mediante la investigación, análisis y procesos que se realizaron, se ha desarrollado la propuesta de mejora de la ciclovía con la finalidad de fortalecer la movilidad sustentable en la Zona Urbana de Toluca, es decir se cumple el objetivo principal.



En lo que respecta a los objetivos particulares, el estudio se fundamentó teórico científicamente, cada proceso realizado llevo un orden teórico y metodológico respaldando la investigación, validando la temática abordada y los proceso realizados desde el diagnostico hasta la propuesta de mejora.

Se cumple el objetivo de tener una metodología que permitió llegar a la propuesta de mejora, además puede ser aplicada para cualquier lugar de la republica ya que los datos utilizados son de acceso libre, sin embargo hay datos que se tienen que obtener a través de encuestas, aforos y estudios de campo, los cuales dependerán de la dinámica urbana de la zona a estudiar así como de los objetivos que se pretendan alcanzar.

El diagnóstico realizado cumple el objetivo de mostrar la situación real de la ciclovía en terminos de percepción social, componentes físicos, socioeconómicos y de conectividad, cada variable fue determinante para realizar la propuesta, en su conjunto cada proceso se realizó de manera correcta y los datos resultantes fueron útiles para concluir la propuesta.

Finalmente con los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- a) Se detectaron las necesidades actuales para que la movilidad sustentable a través del uso de la bicicleta pueda fomentarse, dentro de ellos el principal es la infraestructura, la red que conectara puntos importantes de manera segura y con buena cobertura, útil tanto para la población que reside en la ciudad, así como para los foráneos que realizan sus actividades en la zona urbana.
- b) El proyecto analizo las condiciones físicas y climáticas actuales dando alternativas sobre todo en la parte de las lluvias donde se justifica que los países que mayor demanda ciclista tienen, son ciudades con temporadas frías y de largas lluvias, un



ejemplo es Ámsterdam, ciudad en la que según (Castro, 2016), llueve durante todo el verano y en invierno sus temperaturas oscilan entre los 5 y 10 grados centígrados este factor no impide que se siga usando la bicicleta pero se debe de contar con el equipo necesario tanto para el ciclista, como de infraestructura.

- c) En cuanto a la parte socioeconómica se detectaron las zonas de actividad urbana principales de la ciudad, dichas áreas en donde se propone construir la ciclovía, para satisfacer la demanda cambiando su habitual vehículo de transporte por una bicicleta en distancias de 3 a 8km, implicando beneficios ambientales, sociales y económicos.

- d) Mediante el resultado del análisis espacial de cada variable se determinó en la propuesta la ubicación de la ciclovía, un escenario con diversas propuestas de construcción y costos aproximados, dando opciones de construcción y costos a los tomadores de decisiones, como mejor convenga, un proyecto viable y con un impacto sustentable en la Zona Urbana de Toluca.



Bibliografía

- Acevedo, J. (2007). Movilidad sostenible. *Revista de ingeniería* , 71-74.
- Arias, F. (6 de Mayo de 2016). *Otras Voces en Educacion*. Obtenido de IMPORTANCIA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA:
<http://otrasvoceseneducacion.org/archivos/77516>
- Castro, A. (16 de Febrero de 2016). *Magnet*. Obtenido de El paraíso de los ciclistas se llama Holanda. Así lo han conseguido:
<https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/el-paraiso-de-los-ciclistas-se-llama-holanda-asi-lo-han-conseguido>
- Cerquera, E. F. (2011). LA CONFIGURACIÓN ESPACIAL GEOGRÁFICA, CONTEXTO ESENCIAL. *Revista Geográfica de América Centra*, 1-24.
- CMM. (2014). Estudio del Sistema Integral de Movilidad Sustentable. *Centro Mario Molina*, 3-42.
- Comision de las Comunidades Europeas. (2000). *Integrated policy aspects of sustainable mobility. Working Paper. Extra Project. Transport RTD Programme. Fourth Framework Programme*. Obtenido de http://europa.eu.int/comm/transport/extra/thematic_papers.html
- Comision Europea. (1992). *Libro Verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente*.
- Competitividad, I. M. (2008). *Índice de Competitividad Estatal 2008: Aspiraciones y realidad*. Obtenido de www.imco.org.mx
- Daly. (1999). *Ecological Economics and the Ecology of Economics*. Gran Bretaña: Edward Elgar.
- Delgado, O. M. (2010). *Debates sobre el espacio en la Geografía contemporánea*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Fuenzalida, M., Buzai, G. D., Moreno Jimenez, A., & Garcia de Leon, A. (2015). *GEOGRAFÍA, GEOTECNOLOGÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL TENDENCIAS, MÉTODOS Y APLICACIONES*. Santiago de Chile: Triangulo.
- Garcia, P. R. (18 de Junio de 2018). *Lab. De aplicaciones Computacionales, FES Zaragoza, UNAM*. Obtenido de Reserva:
<http://bivir.uacj.mx/Reserva/Documentos/rva200334.pdf>
- GCDMX, S. (2012). *ESTRATEGIA DE*. CDMX: Gobierno Federal.
- GOBCDMX. (2012). *Estrategia de Movilidad en Bicicleta de la Ciudad de México*. Ciudad de México: D.R. © 2012, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
- GOBCDMX. (2015). *GUÍA DE DISEÑO*. Ciudad de México: Secretaria del Medio Ambiente.
- Gonzalez, C. (15 de Marzo de 2017). Se retiran de Toluca bicicletas publicas "Huizi" por falta de uso. *Milenio*, págs. 7-8.
- Guzman, J. C. (2005). *PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BICICLETA COMO MEDIO*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Haggett, P., & Chorley, R. J. (1969). *Network Analysis in Geography*. Londres: Edward Arnold.
- Heredia, Á. F. (2014). *Propuesta metodológica para un análisis más sociológico de la*. España.
- Hook, W. (2006). *Preservar y Expandir el Papel del Transporte no Motorizado . Transporte sostenible .*



- Hoyos, D., & Guillamón, D. (2010). *Movilidad sustentable de la teoría a la práctica*.
- IMPLAN. (2010). *Ciclovías con enfoque ciudadano*. Obtenido de IMPLAN: <http://www.implan.gob.mx/enterate/noticias/item/26-ciclovias-con-enfoque-ciudadano.html>
- ITDP. (2014). *Conteo Ciclista 2013*. Ciudad de Mexico.
- Lastra, M. S. (2016). *Bicicletas para la ciudad Una Propuesta Metodologica Para el diagnostico y la Planeacion de Infraestructura Ciclista*. CDMX: Insitituo de Geografia .
- López, P. J. (2015). *Plan Ecozona Centro de Toluca*. Toluca: GIZ y Proyecto Tierra S.C.
- Madrid, & Ortiz. (2002). Analisis Espacial. *Analisis y sintesis en cartografia*, 17-24.
- Mazo, N. d. (16 de Septiembre de 2010). *Academica*. Obtenido de file:///C:/Users/Raptor/Downloads/Tecnicas_y_Metodos_de_Analisis_Espacial.pdf
- Millan, M. (2012). Obtenido de <http://www.facebook.com/jenniriveramusic/posts/10151161935568924>
- MNB. (2014). Plan Nacional de Bicicletas. *Mesa Nacional de la Bicicleta* .
- MTO. (2012). CICLOVÍAS UNA NUEA ALTERNATIVA DE TRANSPORTE NO MOTORIZADO. *Ecuador ama la vida*, 1-3.
- OECD. (2000). *Environmentally Sustainable Transport. Guidelines*. Obtenido de <http://www.oecd.org/dataoecd/53/21/2346679.pdf?channelId=34363&homeChannelId>
- OMS. (13 de Abril de 2016). CDMX no es la más contaminada de México: OMS. Ciudad de Mexico, Mexico, Mèxico.
- Palacio, L. (2012). *Transportes*. Obtenido de <http://www.uaemex.com>
- Paniagua, D. H. (4 de Agosto de 2015). *Metodos de Aforo Vehicular*. Obtenido de https://prezi.com/6radno-5_7jf/metodos-de-aforo-vehicular/
- Rodriguez, M. (2012). *diversidad Biologica de Mèxico*. Mèxico DF: Eros.
- Ronald Abler, J. S. (1972). *Spatial Organization: The Geographer's View of the World*. Englewood Cliffs: Prentice-Hal.
- Seguí Pons, J., & Reynés, M. (2004). *Geografía de los Transportes*. Universitat de les Illes Balears.
- Serrano, F. T. (2000). *Geografia de los Transportes*. Madrid, España.
- Serrano, J. A. (2015). *Propuesta de una red de ciclovias para el usod e transporte urbano sostenible no motorizado*. Toluca: UAEMEX.
- Torrego, F. (2000). *Las referencias Bibliograficas*. Obtenido de http://ocw.usal.es/ciencias-sociales-1/fuentes-de-informacion/contenidos/LAS_REFERENCIAS_BIBLIOGRAFICAS.pdf
- UnionEuropea. (2002). *Libro Blanco de Transporte*. Union Europea.
- CEFP. (7 de Febrero de 2012). Diputados Gob. Obtenido de Resumen de Ingresos Petroleros y No Petroleros (Estructura %)[Archivo de datos].: http://www3.diputados.gob.mx/camara/001_diputados/006_centros_de_estudio/02_



OMS. (21 de 09 de 2016). Global Health Observatory. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.156?lang=en>

Ramirez, S. M. (2012). Transformando la Movilidad Urbana en Mexico. Embajada Britanica en Mexico, 7-56.

Salvador, M. R. (2012). La Importancia de la Reduccion del Automovil en Mèxico. Instituto de Politicas para el Transporte y el Desarrollo.

Scott, J. (2011). Gasto Público para la Equidad: Del Estado Excluyente hacia un Estado de. México: México Evalúa.

Secretaria_de_la_Salud. (23 de 12 de 2010). Los accidentes aumentan entre 10 y 15% en puentes vacacionales. Obtenido de http://portal.salud.gob.mx/redirector?tipo=0&n_seccion=Boletines&seccion=2010-03-26

Gimenez Capdevilla, R.:(1986) La geografía de los transportes en busca de su identidad, Geocrítica nº 62, 1986.

Hoyle, B. y Knowles, R.: (1998) Modern Transport Geography. London/New York. Belhaven Press.

Potrykowski, M. y Taylor. Z.: (1984) Geografía del transporte. Barcelona, Ariel.

Seguí Pons, JM y Martínez Reynés, MR.: (2004) Geografía de los Transportes. Universitat de les Illes Balears.

Delgado Mahecha, Ovidio (2003) "Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea". Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos, 2003 ISBN : 958-701-309-3

Richard Hartshorne (1991) El concepto de geografia como ciencia del espacio: de Kant y Humboldt a Hettner