



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE MÉXICO**



**FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**“IDENTIFICACIÓN DE PARADAS DE AUTOBÚS  
CONFLICTIVAS PARA LA SEGURIDAD  
PEATONAL. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE  
TOLUCA”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

**PRESENTA:**

**NANCY ISABEL MILLÁN VÁSQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DRA. RAQUEL HINOJOSA REYES**

**REVISORES:**

**DR. RODRIGO HUITRÓN RODRÍGUEZ**

**MAEG. ARTURO BARRETO ESTRADA**

**TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO**

**OCTUBRE DE 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante estos años he tenido la fortuna de conocer muchas personas, pero es cierto que solo algunas se quedan. He podido contar con todos ustedes que siempre estuvieron ahí apoyándome moral y profesionalmente, a quienes les estaré agradecida siempre:

A mi mamá que, con su ternura, paciencia y amor, me apoyó en mis momentos de estrés, enojo, tristezas y frustraciones, que me escuchaba para ayudarme con sus siempre útiles consejos para que siguiera trabajando para cumplir mis metas. A mi papá que me dio el poder de ser libre para que fuera una profesional, una mujer fuerte y dedicada a cumplir mis metas, y que a pesar de su miedo cuando salía de casa siempre se aseguró de protegerme con sus consejos.

A mis hermanos “*los niggas*”, ustedes que soportaron con paciencia mis momentos de estrés y explosiones de enojo. A Gerardo por estar ahí para tener esas pláticas profundas de la vida y de ciencia, y por acompañarme en las desveladas haciendo tareas mientras vivíamos en Toluca. A Miguel porque con su gusto e ingenio por la tecnología e informática me ayudaba a resolver dudas y los problemas que tenía.

A mi tía Rosa Vásquez por ser una segunda mamá mientras vivía en Toluca, por preocuparse por mí, por enseñarme la valentía, sinceridad, además de siempre tener tiempo para esas profundas pláticas en las que por cada pregunta animaba mi inquietud para resolver problemas geográficos.

A mi tía Maura Vásquez porque me abrió las puertas de su casa mientras estudiaba, por también ser una segunda mamá que me aconsejaba, me protegía y cuidaba de mí cuando más insegura me sentía.

A Chio Endañu por ser una gran amiga con quien el tiempo pasaba rápido, además de ser una excelente compañera, el complemento con quien podía discutir si las tareas o proyectos estaban mal sin terminar en una pelea porque con su inteligencia siempre buscábamos lograr la excelencia. A Vicky y Rocio Hernández quienes con su amistad y compañerismo me ayudaban a romper miedos, además de que siempre escuchaban mis locuras personales y se sumaban apoyando los proyectos de trabajo que se me ocurrían. A Luis y Karen que siempre me ayudaron, aconsejaron y apoyaron en todo momento.

A la Dra. Raquel Hinojosa Reyes especialmente quiero agradecer por todo su esfuerzo en clases para enseñarnos todo lo que sabía. Asimismo, por haberme invitado a trabajar en sus proyectos y darme la oportunidad de descubrir que me gustaban estos temas, y al contarle que iba a trabajar esta investigación me apoyó aceptando ser mi asesora. También, por tomarse el tiempo para corregirme en cada avance y me motivaba a aprender más. Y por compartir conmigo una amistad sabiendo que personal y profesionalmente seguiré en el futuro.

Al Dr. Rodrigo Huitrón Rodríguez porque desde el principio me dedicó tiempo para estructurar las bases de la investigación con la finalidad de que el formato quedara claro. Le agradezco porque se interesó y respaldó, profunda y metódicamente la evolución de la tesis. También por apoyarme en todo momento de este proceso, por escuchar mis inquietudes y darme las correcciones necesarias para una mejor investigación.

Al MAEG. Arturo Barreto Estrada porque apoyó esta idea aceptando ser revisor de esta investigación. Además, por darme las correcciones necesarias en esta investigación y tomarse el tiempo en aclarar mis dudas con explicaciones teóricas y experiencias profesionales.

A la Universidad Autónoma del Estado de México principalmente a la Facultad de Geografía por haberme permitido tener una formación profesional y por fortalecer mis valores para lograr mis metas.

Al COMECYT porque me dieron a mí y a mi familia la oportunidad de la Beca de titulación, tan solo espero que esta investigación otorgue la información necesaria para mejorar la calidad de vida de los mexiquenses.

## ÍNDICE

Introducción	9
Planteamiento del problema	9
Hipótesis	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Justificación	10
Estructura del documento	11
<hr/>	
Capítulo I. Marco Teórico	13
1.1. Geografía	13
1.1.1 Sistemas de Información Geográfica	14
1.1.2 Geografía Urbana	15
1.1.3 Geografía del Transporte	16
1.1.4 Movilidad Urbana	17
1.2 Seguridad Vial en la Ciudad	20
1.2.1 La Construcción de una Ciudad Segura	20
1.2.1.1 Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020	21
1.3 Sistema de Transporte Urbano Seguro	22
1.3.1 Transporte Urbano Seguro en la Ciudad	23
1.3.1.1 Regulación del Transporte Urbano Público	24
1.3.2 Infraestructura Vial	25
1.3.2.1 Señalamientos	25
1.3.2.1.1. Paradas de Autobús	26
1.3.3 Flujo de Transporte	27
1.3.4. Accidentes Viales	29
<hr/>	
Capítulo II. Marco Metodológico	31
2.1 Zona de Estudio:	33
2.1.1 Identificación de Sitios Críticos de Accidentalidad Vial	33
i. El Municipio de Toluca de Lerdo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT)	33
ii. Vialidades Conflictivas	36
2.1.2 Identificación de Puntos Críticos de Accidentalidad Vial	39
2.1.2.1 Índice de Accidentalidad	40
2.1.2.2 Densidad de Accidentes	40
2.1.2.3 Comportamiento de los accidentes de tránsito	43
2.1.2.4 Atropellamientos	45
iii. Intersecciones Críticas de Estudio	48
2.2 Criterios para la Evaluación del Punto Crítico:	49
Factores Asociados a los Accidentes de Tránsito (Atropellamientos)	
2.2.1 Usos de Suelo	50
2.2.2 Análisis de Tránsito	52
2.2.2.1 Volumen Vehicular (Flujo Vehicular)	52

2.2.2.1.1 Rutas y Redes de Transporte	54
2.2.2.2 Volumen Peatonal (Movilidad)	55
2.2.3 Infraestructura Peatonal	56
2.2.4 Señalización: Paradas de Autobús Público Urbano	58
2.2.4.1 Inventario de Paradas de Autobús	59
2.2.4.2 Cobertura Urbana del Transporte: Paradas de Autobús	61
2.3 Paradas de Autobús Conflictivas	62
2.3.1 Relación entre Paradas de Autobús y Atropellamientos	62
2.3.1.1 Espaciamiento de las Paradas de Autobús	64
2.3.2. Conflictos	65
2.4 Verificación de Paradas Conflictivas	65
2.4.1 Evaluación de Ubicación de Paradas de Autobús Conflictivas	65
2.4.1.1 Aplicación del Formato de Evaluación	67
2.4.2 Encuesta de Percepción de Paradas de Autobús Conflictivas	68
2.4.2.1 Muestra	68
2.4.2.2 Prueba piloto	68
2.4.2.3 Aplicación de la encuesta de percepción	70
<hr/>	
Capítulo III. Análisis de Resultados	72
3.1 Zona de Estudio: Sitios Peligrosos de Accidentalidad Vial	72
3.1.1 Vialidades conflictivas	73
3.1.1.1 Comportamiento de los accidentes de tránsito	79
3.1.1.1.1 Atropellamientos	81
3.1.2 Intersecciones Críticas de Estudio	85
3.2 Criterios para la Evaluación del Punto Crítico:	87
Factores Asociados a los Accidentes de Tránsito (Atropellamientos)	
3.2.1 Usos de Suelo	87
3.2.2 Análisis de Tránsito	93
3.2.2.1 Volumen Vehicular (Flujo Vehicular)	93
3.2.2.1.1. Derroteros	95
3.2.2.2 Volumen Peatonal (Movilidad)	98
3.2.3 Infraestructura Peatonal	101
3.2.4 Paradas de Autobús Público Urbano	105
3.2.4.1 Cobertura y Espaciamiento de las Paradas de Autobús	107
3.3 Identificación de Paradas Conflictivas	109
3.3.1 Relación entre Paradas de Autobús y Atropellamientos	109
3.3.2. Paradas de Autobús Conflictivas de las Intersecciones Críticas	112
3.3.3. Conflictos	113
3.4 Verificación de Paradas Conflictivas	114
3.4.1 Evaluación de Ubicación de Paradas de Autobús Conflictivas	114
3.4.2 Percepción del Peatón a la Seguridad de las Paradas de Autobús Conflictivas	116
3.5 Análisis de Problemas de Seguridad Peatonal	118
<hr/>	
Conclusiones	122
<hr/>	
Recomendaciones	125
<hr/>	
Referencias	126

ANEXOS	133
Anexo 1. Actividades económicas terciarias por manzana de la Ciudad de Toluca	134
Anexo 1.1. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios empresariales”	134
Anexo 1.2. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios profesionales”.	135
Anexo 1.3. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios relacionados con la recreación”	136
Anexo 2. Encuesta de prueba piloto	137
Anexo 2.1. Prueba piloto con respuestas cerradas de la Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas	137
Anexo 2.2. Prueba piloto con respuestas abiertas de la Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas	138
Anexo 3. Material cartográfico de campo	139
Anexo 4. Evaluación de la infraestructura entorno a los paraderos de autobús	141
Anexo 4.1. Cruce peatonal con semaforización	141
Anexo 4.2. Señalamientos de paradas	141
Anexo 4.3. Señalización de priorización	141
Anexo 4.4. Señalamiento de parada	141
Anexo 4.5. Señalamientos de prevención y seguridad	141
Anexo 4.6. Señalamiento de cruce peatonal seguro	142
Anexo 4.7. Parada de autobús oficial con banca	142
Anexo 4.8. Señalamientos de cruce peatonal en preferencia de zona escolar	142
Anexo 5. Resultados de Encuesta de percepción	143
Anexo 5.1. Origen-Destino de la población encuestada: porcentaje	143
Anexo 5.2. Características de la población encuestada	143
Anexo 5.3. Uso de las paradas: porcentaje	143
Anexo 5.4. Motivos de viaje	144
Anexo 5.5. Tiempo de destino	144
Anexo 5.6. Comportamiento del peatón: seguridad	144
Anexo 5.7. Percepción del entorno	144
Anexo 5.8. Conductores más imprudentes en las intersecciones críticas	145
Anexo 5.9. Conocimiento del Reglamento de tránsito	145
Anexo 5.10. Enseñanza del Reglamento de tránsito	145

---

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización geográfica de Toluca de Lerdo	35
Mapa 2. Localización de vialidades conflictivas de estudio	74
Mapa 3. Densidad de Kernel de las vialidades conflictivas	76
Mapa 4. Densidad por intersecciones de las vialidades conflictivas	77
Mapa 5. Índice de densidad de Kernel de atropellamientos de las vialidades conflictivas	83
Mapa 6. Densidad de atropellamientos por intersecciones del 2013 al 2015 den vialidades críticas	84
Mapa 7. Localización de las intersecciones críticas de estudio	86
Mapa 8. Diversidad de establecimientos por manzana en el Área Metropolitana, zonas atractivas y generadoras de viaje	89
Mapa 9. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Distribución de bienes”	90
Mapa 10. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios educativos y de salud”	92
Mapa 11. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Gobierno”	93
Mapa 12. Derroteros que pasan por cada intersección crítica	98
Mapa 13. Zonas por intensidad de flujos peatonales	100
Mapa 14. Esquinas por cada intersección critica	104
Mapa 15. Paradas oficiales e informales de autobús público en las vialidades críticas	106
Mapa 16. Espaciamiento de paradas de autobús: oficiales e informales	108
Mapa 17. Espaciamiento entre paradas de autobús oficiales e informales.	110
Mapa 18. Ubicación de paradas: oficiales e informales	111
Mapa 19. Paradas conflictivas para el peatón	113
Mapa 20. Paradas de autobús conflictivas para la seguridad peatonal en las 9 intersecciones críticas	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pilares del desarrollo urbano	19
Figura 2. Cinco pilares de Seguridad vial	22
Figura 3. Dispositivos de control de tránsito	26
Figura 4. Tipos de señales informativas de servicios turísticos	27
Figura 5. Estructura cronológica general de la metodología aplicada	31
Figura 6. Estructura de metodología aplicada	32
Figura 7. Población total del municipio de Toluca	34
Figura 8. Área de influencia de 10m de radio	38
Figura 9. Densidad de Kernel en las vialidades conflictivas	41
Figura 10. Intersecciones de las vialidades conflictivas	42
Figura 11. Frecuencia de accidentes por intersecciones de las vialidades conflictivas	43
Figura 12. Densidad de atropellamiento del 2013 al 2015 en las vialidades de estudio	46
Figura 13. Frecuencia de accidentes por intersecciones	47
Figura 14. Atropellamientos por intersecciones en cada año del periodo	48
Figura 15. Usos de suelo 2005-2007	51
Figura 16. Flujo vehicular por AGEB por año del municipio de Toluca de Lerdo	53
Figura 17. Zoom de derroteros de las vialidades críticas	54
Figura 18. Delimitación de área preliminar para la medición de flujos peatonales	56
Figura 19. Elementos de la infraestructura peatonal. Ejemplo: esquina 1 y 2 de Intersección 6	58
Figura 20. Verificación de puntos de ascenso y descenso en las vialidades de estudio	59
Figura 21. Verificación y actualización con ayuda de imágenes 2016 de Google Earth	60
Figura 22. Cobertura primaria urbana	61
Figura 23. Franjas equidistantes de las paradas de autobús oficiales	63
Figura 24. Área de influencia de 300 m de las intersecciones críticas: Paradas de autobús oficiales	64
Figura 25. Área de influencia de 300 m de las intersecciones críticas: Paradas de autobús informales	64
Figura 26. Formato de inspección de paradas de autobús conflictivas	66
Figura 27. Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas	69
Figura 28. Accidentes por año de las vialidades conflictivas	80
Figura 29. Accidentes por mes de las vialidades conflictivas	81
Figura 30. Accidentes por mes de las vialidades conflictivas	82
Figura 31. Atropellamientos por año de las vialidades de estudio	85
Figura 32. Tipo de rutas y red de la ciudad de Toluca	94
Figura 33. Conocimiento de las paradas de autobús oficiales	116
Figura 34. Comportamiento de peatón: prevención de peligros	117
Figura 35. Comportamiento de peatón: prevención de peligros	117

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción general de los artículos del Reglamento de Tránsito del Estado de México que favorecen la seguridad peatonal	24
Cuadro 2. Características del Sistema Vial Urbano	29
Cuadro 3. Municipios que pertenecen a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca	35
Cuadro 4. Sistema vial primario de Toluca con mayor concentración del servicio transporte	38
Cuadro 5. Verificación de los accidentes del 2013 al 2015 en las vialidades de estudio	39
Cuadro 6. Base de datos de Accidentes de tránsito 2013-2015	43
Cuadro 7. Accidentes de tránsito por año en las vialidades de estudio	44
Cuadro 8. Accidentes de tránsito por mes en las vialidades de estudio	45
Cuadro 9. Accidentes de tránsito por tipo en las vialidades de estudio	45
Cuadro 10. Atropellamientos por año en las vialidades de estudio	47
Cuadro 11. Intersecciones de estudio	49
Cuadro 12. Agrupación de las actividades económicas con base al Clasificador para la Codificación de Actividad Económica	52
Cuadro 13. Derroteros que pasan por cada intersección crítica	55
Cuadro 14. Variables de infraestructura peatonal	57
Cuadro 15. Verificación de puntos de ascenso y descenso de pasajeros	60
Cuadro 16. Distribución de los formatos de evaluación	67
Cuadro 17. Distribución de la aplicación de la prueba piloto de encuesta de percepción	69
Cuadro 18. Distribución de la aplicación de la encuesta de percepción	71
Cuadro 19. Accidentes de tránsito	72
Cuadro 20. Intersecciones críticas de las vialidades conflictivas	78
Cuadro 21. Número de carriles de las vialidades críticas	95
Cuadro 22. Empresas de los derroteros en Toluca	96
Cuadro 23. Importancia de la vialidad crítica por el número de derroteros	97
Cuadro 24. Análisis de los problemas de seguridad peatonal	121

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación surge a partir de la observación del deficiente funcionamiento del transporte público y de los datos de accidentes de tránsito ocurridos en la Ciudad de Toluca. Ante esto se buscó explicar que los accidentes de tránsito pueden estar provocados por un elemento que es utilizado diariamente en la ciudad: las paradas de autobús. Por esta razón se hace una descripción-correlacional con la finalidad de identificar que existen paradas de autobús que causan este conflicto. Considerando que no es un elemento independiente para el funcionamiento del transporte se relacionaron otros factores: el tipo de uso de suelo urbano, la infraestructura vial, el flujo vehicular, el flujo peatonal y el espaciamiento aceptable para caminar entre un señalamiento de parada de autobús y otro. Sin embargo, para comprobar la veracidad de este planteamiento, en los puntos de conflicto se realizaron observaciones en campo para analizar el comportamiento del entorno a las paradas conflictivas. Además de la realización de encuestas de percepción a peatones sobre esta problemática y el entorno por el que se desplazan.

### ❖ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Partiendo de que las lesiones causadas por el tránsito son la octava causa mundial de muerte y si no se toman medidas urgentes, los accidentes de tránsito se convertirán en 2030 en la quinta causa de muerte (OMS, 2013): los accidentes de tránsito son una problemática que aqueja a la población principalmente de las ciudades.

La deficiencia en la planificación del servicio de transporte en los asentamientos humanos ha propiciado problemáticas como el crecimiento urbano irregular y la aglomeración de actividades económicas. Y con ello, el desplazamiento de la población ocasiona que los autobuses de transporte público de pasajeros realicen paradas continuas con mayor frecuencia para el ascenso y descenso de los usuarios. Trayendo consigo que las unidades de transporte público realicen maniobras inapropiadas como: el cruce de un carril a otro durante la ruta, la disminución del flujo de tránsito y el establecimiento de paradas de autobús inexistentes. Todo lo anterior vuelve susceptible la posibilidad de accidentes viales, tanto usuarios como autobuses públicos.

Con la finalidad de propiciar mayor seguridad peatonal, se hace el cuestionamiento ¿qué factores del espacio urbano pueden considerarse para la identificación de las paradas de autobús conflictivas, de la ciudad de Toluca?

#### ❖ HIPÓTESIS

Las distribuciones de las paradas de autobús oficiales están relacionadas al uso de suelo de la ciudad, así como la densidad de población en cada uno de ellos y con las actividades económicas de la ciudad de Toluca. Debido a que existe una atracción de la población a esos múltiples destinos, los usuarios y los conductores del transporte urbano infringen el reglamento de tránsito generando la ubicación de paradas informales. Ante esta situación, el flujo del tránsito se ve afectado en su funcionamiento y provoca la ocurrencia de accidentes viales que afectan a la población de la ciudad.

#### ❖ OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis de la ubicación de las paradas de autobús conflictivas para mejorar la seguridad peatonal de la Ciudad de Toluca.

#### ❖ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores de distribución de las paradas de acuerdo con diferentes variables tales como el uso de suelo urbano (comercio, casa-habitación, industrias, educación, etc.), la movilidad peatonal, el flujo vehicular, la infraestructura peatonal y señalamientos.
- Identificar a las paradas conflictivas a través de la correlación de paradas de autobús y la distribución de los accidentes de tránsito.
- Evaluar los factores de ubicación de las paradas conflictivas a través de la correlación espacial y verificaciones con trabajo de campo.

#### ❖ JUSTIFICACIÓN

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó una propuesta metodológica bajo el enfoque geográfico que permita la identificación de paradas conflictivas, aquellas que se relacionan con la presencia de accidentes de tránsito que afectan la seguridad peatonal de la Ciudad de Toluca.

Para desarrollar la investigación, se considera como área de estudio a la zona centro de la ciudad de Toluca. Tomando en cuenta la relación de factores que inciden en la ubicación de

los señalamientos oficiales e informales: área de influencia, accesibilidad de la parada de acuerdo con el uso de suelo urbano (zonas habitacionales, comercios, y servicios públicos), distancia de ubicación entre cada una y la movilidad peatonal en las mismas, así como la ocurrencia de accidentes de tránsito.

La aplicación de la Geografía es fundamental en esta investigación ya que permite explicar la problemática mediante los principios geográficos que van muy acorde con el análisis espacial. Por un lado, localización de los paraderos de autobús público. La causalidad para conocer el porqué de la distribución de las paradas formales e informales vinculadas con la incidencia de accidentes de tránsito en ciertas áreas. Por otro lado, la correlación para explicar que hay ciertos factores que influyen en la dinámica del tránsito vial. Y finalmente la comparación podrá analizar la forma en que se distribuyen las paradas de autobús en las vialidades principales del estudio.

#### ❖ ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El Capítulo I. Marco teórico, se construye con las bases teóricas que sustentan la investigación bajo el enfoque geográfico relacionado con las ramas de la Geografía en las cuales involucra el análisis espacial, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) e Ingeniería de tránsito.

En el Capítulo II se detallan los procesos de cada método y técnica que se usaron a lo largo de la investigación. A partir de la delimitación del área de estudio. Se realizó el inventario y actualización de los datos físicos y operativos asociados a las paradas de autobús en un Sistema de Información Geográfica, lo cual constituye una herramienta clave para el análisis de paradas de autobús conflictivas. Para ello, se procesan para su análisis los accidentes de tránsito a partir de la densidad, por año, por mes y por tipo. Asimismo, a los factores que están relacionados a los accidentes de tránsito: Usos de suelo, Análisis de tránsito en el que se incluyen el volumen peatonal y volumen vehicular, Infraestructura peatonal y la Señalización. Además, que se hace una verificación a partir de un formato de evaluación de las paradas de autobús conflictivas y un formato de encuesta de percepción del peatón ante esta problemática.

En lo referente al Capítulo III Resultados, se caracterizan y describen cada uno de los procedimientos elaborados. En este apartado de incluyen los accidentes de tránsito en

densidad, por año, por mes y por tipo representado en mapas y gráficas, asimismo, de los atropellamientos los cuales son eje de la investigación. Los cuales se clasifican en sitios críticos: vialidades críticas e intersecciones críticas. Además, se encuentra la caracterización de cada uno de los factores que intervienen en la ocurrencia de los accidentes de tránsito y una descripción de los conflictos que se presentan en las intersecciones críticas. Para la complementación de los resultados también se describen los formatos que se aplicaron en recorridos en campo a partir de la observación del entorno a las paradas de autobús y la percepción que tienen los usuarios del transporte público sobre la accidentalidad. Por último, se hizo un análisis de problemas de seguridad peatonal que es una conclusión de los problemas de tránsito provocados por los factores y los usuarios en las intersecciones críticas.

En el apartado de Conclusiones se hace un resumen de los procesos, resultados y observaciones que fueron parte de la investigación. Asimismo, se hacen Recomendaciones para continuar este estudio, lo que se considera hizo falta e investigaciones futuras que pudieran realizarse a partir de éste.

El documento está sustentado en estudios elaborados previamente por otros autores. Por lo que también se encuentra el apartado de Referencias, el cual incluye la bibliografía consultada para todos los capítulos de la investigación y los datos en formato vector que fueron procesados.

También se incluye el apartado Anexos, en el cual se muestran resultados de procesos que son referenciados dentro de los capítulos I y II de la investigación.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se conceptualiza en tres apartados los temas que sustentan el objetivo de la investigación. En el primero, se explica a la Geografía y la herramienta que utiliza para explicar el espacio geográfico: los Sistemas de Información Geográfica. Además, de las ramas de esta disciplina que permite explicar el contexto del entorno en el que se ubican las paradas de autobús conflictivas. El segundo apartado trata sobre la Seguridad vial en la ciudad, el cual fundamenta que, en las ciudades se debe regular la seguridad del sistema transporte, tal como propone el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020. Asimismo, en el último apartado se explican los elementos y la regulación del sistema de transporte urbano público enfocado a la seguridad peatonal. Los elementos que se incluyen son el transporte urbano, la infraestructura vial, las paradas de autobús, el flujo de transporte y los accidentes viales.

### 1.1 GEOGRAFÍA

Entendemos a la Geografía como la relación que ejercen entre sí, el medio geográfico y el habitante que en él se mueve y vive, con predominio cada vez mayor del hombre sobre la naturaleza (Posada, 1937: 306). A pesar de que se han definido dos ramas de la geografía: geografía física y geografía humana (Barrera y Palma, 2010: 16), durante el paso del tiempo en la ciencia se generaron divisiones hechas para comprender las necesidades humanas, por lo que, se transforma en una ciencia social con el fin de estudiar al mundo material de la sociedad (Rojas, 2005: 153).

En realidad, la geografía es una sola disciplina integradora en la cual confluyen diferentes formas de explicar el espacio geográfico, sus procesos, fenómenos y dinámicas. De esta manera, la geografía física profundiza más en los procesos y fenómenos biofísicos de aquellos lugares de ocupación humana, es decir, la antropósfera; en tanto la geografía humana privilegia los procesos de ocupación humana en la ecósfera (Barrera y Palma, 2010: 17). Considerando así, al espacio geográfico como espacio físico, entendiéndose por los aspectos

físicos que se encuentra en un estado intacto, pero si el hombre interviene dentro de este, se le llama espacio social (Sánchez ,1990 y Sosa, 2012).

El espacio geográfico se encuentra en constante cambio, donde el hombre actúa como agente transformador aprovechando todo bien para conseguir sus satisfacciones y así mismo su desarrollo (Paruma, 2012). Su evolución depende de los momentos históricos, a los procesos dinámicos de desarrollo de la población y a los contextos geográficos. Por ello, han existido variaciones conceptuales a lo largo de la historia dentro de las investigaciones geográficas. De acuerdo con Blanco (2007: 38-39), entre algunas perspectivas están las siguientes:

- El neopositivismo, a mediados del siglo XX, lo estudia en los procesos espaciales de formas geométricas-homogéneas, es decir, un espacio con distancias iguales, con relieve plano y características similares (isotrópico).
- Después la geografía humanista lo consideró como un espacio vivido, es decir, producto de la experiencia de la sociedad.
- Pero la geografía crítica lo describió como el lugar de organización y funcionamiento para el desarrollo de la sociedad.

Tras los diversos cambios que surgieron en la ciencia geográfica a mediados del siglo XX, la revolución de cambio de paradigma consideró al espacio geográfico, por una parte, como espacio concreto referido a la actual superficie de la tierra con toda la variedad del mundo real, y por otra, como espacio abstracto referido a la estructura espacial no visible. Este cambio se le conoce como "Ciencia espacial", "Geografía cuantitativa" o "Nueva geografía", la cual permitía que cualquier fenómeno si su distribución es cartografiable, es susceptible de ser estudiado geográficamente, y su distribución espacial se puede explicar en relación con otras distribuciones espaciales de fenómenos asociados, por medio de una teoría abstracta que refleje como un espejo su ocurrencia en el mundo real (Delgado, 2003:33-36).

### 1.1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

A partir de este cambio, a principios de los años sesenta surgen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Olaya, 2014:37) como una herramienta tecnológica para mirar, pensar y construir conocimiento acerca de la realidad socio-espacial (Buzai, 2013:13). Así, se puede entender que los SIG son el conjunto de elementos que permiten almacenar, procesar y

analizar datos georreferenciados para la creación cartográfica y el análisis, sobre cualquier tema. Esos elementos del SIG son: los datos, los métodos, el software, el hardware y las personas encargadas de ser el motor del sistema SIG (Olaya, 2014).

Buzai (2010:1-12) explica que, con la aparición de los SIG para uso de la Geografía, el análisis del espacio geográfico se produce a partir del llamado, análisis espacial. Este constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Los principios que rigen al análisis espacial son los siguientes:

Localización: considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico.

Distribución espacial: conjunto de entidades de un mismo tipo se reparten de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema ráster.

Asociación espacial: semejanzas encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales

Interacción espacial: estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios) distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales

Evolución espacial: dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro.

### 1.1.2 GEOGRAFÍA URBANA

A partir de la revolución conceptual del espacio geográfico en el siglo XX. El geógrafo se ha involucrado sobre la investigación de la morfología urbana, a pesar de que, se ha descrito poco para distinguir las distintas ciudades, debido a la variedad de factores que la describen y a las fuerzas que influyen para explicarla. (Johnson, 1987: 41). Sin omitir la diferencia de Geografía Urbana del Urbanismo, el cual según Harvey (1977: 257-258) el “supone la concentración geográfica de un producto excedente socialmente definido. Esto significa una circulación geográfica de servicios y bienes excedentes, un movimiento o de gente y, en una economía monetaria, una circulación de inversiones, dinero y crédito”.

De ese modo, la Geografía Urbana tiene la misma importancia y relación con lo urbanístico. Las tres razones que sostienen esa postura, tal como menciona Sánchez (1992: 236) son: 1) la geografía urbana por ser una ciencia inductiva elabora leyes sobre la ciudad mientras que, el urbanismo al ser deductivo aplica las leyes para diferentes casos; 2) la intervención urbanística exige un fundamento teórico que la justifique, la Geografía es la que debe proporcionar lo más sustantivo de ese soporte; 3) si la Geografía Urbana sólo se dedicara a estudiar aspectos momentáneos de la sociedad, la comunidad científica carecería de una disciplina que explique los aspectos imprescindibles de toda planeación urbana: la formación de la sociedad, sus aspectos que la determinan, la distribución espacial de las redes urbanas.

### 1.1.3 GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

Asimismo, la Geografía del Transporte no pasa de ser un apéndice de las obras de la geografía humana, económica o regional. A partir del año 1950 es posible detectar una progresiva especialización tanto en autores como en publicaciones (Giménez, 1986:6). En sus estudios implica el movimiento de personas y mercancías por todos los modos de transporte; los movimientos de recursos e información; las relaciones entre transporte y desarrollo regional (Escalona, 1989: 83).

Además de los perfeccionamientos en el campo técnico, que atienden a la mejora de la velocidad, del confort, de la seguridad, etc., una amplia gama de trabajos entre la relación transporte y sociedad (Giménez, 1986: 5). Así como, a la influencia de infraestructuras en las formas de poblamiento, del efecto que produce el transporte en los modos de vida, de los fenómenos de división espacial del trabajo, comercio y transporte y, la incidencia de las infraestructuras (puertos, aeropuertos, autopistas, canales, etc.) en el medio (flora, fauna, paisaje, hábitat humano, etc.) (Abejón, 1981: 44).

Entre algunos de los enfoques en la Geografía del transporte según Seguí y Petrus (1991: 12), son:

*“Enfoque cuantitativo:* que tiene una larga tradición en geografía y entroncan a la geografía del transporte con los estudios de región económica.

*Enfoque social:* se caracterizan por ser estudios a microescala, por los que predominan en ellos los trabajos en geografía urbana, y por centrarse en los comportamientos

individuales o en grupos socialmente diferenciados de individuos bajo la premisa de hombre sentimiento. La geografía comportamental, dedica interés a las decisiones que los habitantes toman en función de su distinta percepción de las escalas y dimensiones urbanas. La geografía del bienestar, dan énfasis en los estudios de desigualdades individuales a nivel espacial, cuyo máximo de aplicación también se centra en trabajos de movilidades urbanas diferenciadas.

*Enfoque corográfico:* introduce la dimensión temporal y permite la confluencia de los estudios del tiempo como parte del mundo vivido, y del lugar experimentado. Introduce la variable, *tiempo* en los estudios de movilidad diferencial y los estudios se centran en los desplazamientos urbanos a microescala”.

Por lo tanto, el papel de la Geografía del Transporte tiene como objetivo relacionar las restricciones espaciales y los atributos con el origen, la extensión, y propósito de movimiento (Tovar, 2008).

#### 1.1.4 MOVILIDAD URBANA

Dentro de la Geografía del Transporte, los distintos desplazamientos que se generan dentro de la ciudad a través de las redes de conexión locales se refieren a "movilidad urbana". Lo cual exige el máximo uso de los distintos tipos de transporte colectivo, que no sólo incluyen el sistema público de buses y metro sino también taxis, colectivos, transfers, etc., los que tienen vital trascendencia en la calidad de vida, movilidad y uso del espacio público (Jans, 2009: 9).

Esta relación movilidad- transporte, está diferenciada por las perspectivas de cada término. De acuerdo con Moctezuma (2003: 175), la movilidad urbana hace un análisis socioeconómico y espacial (edad, género, categoría sociolaboral) de los desplazamientos de las personas económicamente activas, pero también de aquellas que no lo son. Mientras que el transporte no considera las condiciones socioeconómicas, especialmente de las personas pobres, ya que se limita a investigar la relación de oferta y demanda de infraestructuras y medios de transporte, y en el número de desplazamientos: por persona, por día, según motivo, modo, itinerario y tiempo.

En esos desplazamientos que la población realiza es necesario considerar la seguridad del entorno, del cual, según Talavera et al. (2014) depende la calidad peatonal. Esos entornos son las interrelaciones existentes entre la estructura urbana y el patrón de viaje. Inicialmente, los estudios de los condicionantes de la movilidad peatonal cubrían aspectos como la seguridad, la conveniencia, la continuidad, el confort, la coherencia y el atractivo. Aspectos que fueron reagrupados en los cuatro bloques siguientes:

1. La accesibilidad: como condicionante estructurante, hace referencia a aquellos aspectos más esenciales implicados en la movilidad peatonal.
2. La seguridad: en especial, la relacionada con el tráfico. En esta línea, factores como la velocidad de circulación tiene claras repercusiones sobre la calidad de las personas que se desplazan a pie por la vía pública, ya que determina la sensación de seguridad que éstas tienen.
3. El confort: el análisis del confort como condicionante de la movilidad peatonal puede dividirse en tres ramas: físico, psicológico y fisiológico.
4. La atracción: hace referencia a los paisajes urbanos que originan itinerarios atractivos para los peatones. En este aspecto, desempeñan un papel fundamental las personas que van a pie, puesto que su movilidad les permite interactuar entre ellas y, además, participan en la actividad comercial y cultural de las calles.

Las exigencias de la movilidad y el diseño de sus posibles soluciones suponen un impacto decisivo sobre la estructura física de las ciudades, y se encuentran por tanto íntimamente vinculadas al planeamiento urbano. La necesidad de reservar para el uso público las vías comunes de movilidad y transporte y su adecuada distribución entre las diversas alternativas modales constituye una parte integral de la planificación del desarrollo urbano (Lupano y Sánchez, 2009: 9).

Sin embargo, el rápido crecimiento de la población no ha dado lugar a la planeación, o como bien menciona Mansilla (2010: 22), “más que planificar, se improvisa”. La intervención del sistema capitalista en las ciudades de los países subdesarrollados tuvo como objetivo el crecimiento económico productivo. Sin considerar implicaciones, provocó el olvido de las personas que habitaban dentro de él afectando a la población, llevándolos a un estado con

condiciones desfavorables. La ciudad y las megas ciudades fueron el nuevo espacio (Llanos, 2007; Ramírez, 2009).

La conformación de las aglomeraciones urbanas forma parte del proceso mismo de desarrollo, y es simultáneamente una consecuencia y un motor del crecimiento económico. Las ciudades constituyen a nudos privilegiados de expansión de los mercados e innovación tecnológica, fuente de empleos de mayor calidad y mejor remuneración, y de oportunidades de acceso a la educación y la cultura para quienes las habitan (Lupano y Sánchez, 2009: 9). Ante ello, es necesario un mayor número de viviendas para alojar a los pobladores, al mismo tiempo que, construir una red compleja de infraestructura que satisfaga las necesidades de la población, de los sectores económicos que impulsan el desarrollo y de la ciudad misma como estructura funcional (Mansilla, 2010: 20).

Para comprender mejor el funcionamiento del desarrollo urbano, hay que entenderlo desde los cuatro pilares (figura 1) que lo conforman (Correa y Rozas, 2016:12):

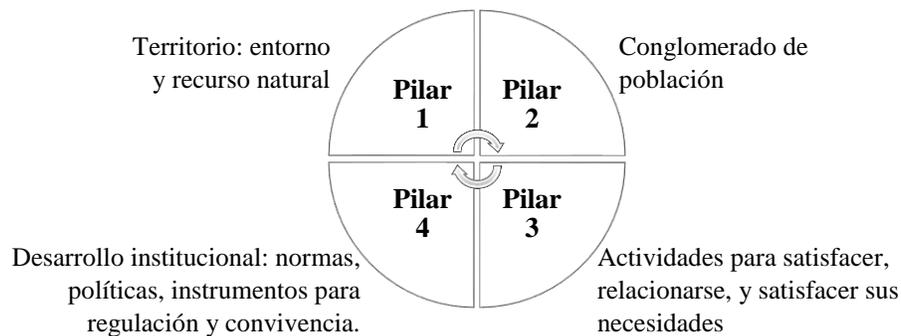


Figura 1. Pilares del desarrollo urbano.  
Fuente: Correa y Rozas, 2016:12

Para el funcionamiento del desarrollo debe considerarse la integración de cada uno de los pilares. Por ejemplo en ciudades de países en desarrollo, la disponibilidad de una infraestructura de transporte urbano que permita movilizar a personas y bienes de modo digno, oportuno, confiable y económico, integra necesidades básicas comunes, sin embargo, está afectado por la creciente motorización y extensión del uso del automóvil privado, generando dificultades generalizadas en materia de congestión de tráfico, así como costos sociales en el campo ambiental y de accidentalidad (Lupano y Sánchez, 2009: 9).

## 1.2 SEGURIDAD VIAL EN LA CIUDAD

Debe considerarse que, dentro del funcionamiento de la ciudad existe el Espacio Vial Urbano (EVU), es decir, aquel espacio de uso público que va desde peatones hasta los desplazamientos por algún modo de transporte (público o privado), y que en la actualidad se ve afectado por el uso privilegiado del automóvil sobre el resto. Para la resolución de conflictos que esto conlleva es necesario, que, a partir de principios y criterios de diseño urbano, se genere un mejoramiento integral del EVU que incluya todos los modos de transporte, con eficiencia, seguridad vial y ciudadana, y comodidad (SOCHITRAN, 2013: 13). Por esa razón, es importante que la Seguridad vial sea vital para el funcionamiento de las ciudades.

### 1.2.1 LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CIUDAD SEGURA

Para proporcionar un transporte público rápido, eficaz, seguro y económico a la mayoría de sus numerosas poblaciones se deben tomar medidas mediante una buena planificación (Abejón, 1981: 45-46). Con los nuevos desafíos en las ciudades, su futuro depende de políticas públicas<sup>1</sup> urbanas modernas y flexibles que permita una mayor efectividad de los planes, programas y proyectos urbanos y de respuestas (Chacón, 2009: 11).

Motivo por lo que se considera a las políticas de transporte urbano, cuyos objetivos son mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, promover la productividad, el crecimiento económico y social, y proteger el medio ambiente. Para lograr esos objetivos, la planificación y gestión del sistema de transporte y uso de suelo debe facilitar la movilidad haciendo que las personas y los productos circulen eficientemente y con seguridad (SOCHITRAN, 2013: 4). La cruda realidad impone, por un lado, drásticas limitaciones de tipo económico y técnico, y por otro, las costumbres, tradiciones, perjuicios, pero sobre todo los intereses dominantes que limitan las soluciones más o menos imaginativas (Abejón, 1981:45-46).

---

<sup>1</sup> “conjunto de lineamientos, directrices, decisiones, estrategias, reglas, regulaciones, planes, proyectos y programas que desarrolla el Estado y todos los niveles de gobierno con la participación de la sociedad civil y que, articulados de manera consistente y entrelazados de forma coherente, señalan el camino lógico y el curso de acción pública para enfrentar los problemas públicos que amenazan el cumplimiento de los objetivos del desarrollo que buscan alcanzar el bienestar y el progreso de todos los ciudadanos” (Chacón, 2009:10).

Tal como se mencionó existen cuatro pilares que permiten el funcionamiento del desarrollo urbano, sin embargo, estos pueden dejar de vincularse entre sí debido a dos factores. Uno de ellos es, el modelo de desarrollo, que la sociedad acepta ejecutar para llevar a cabo sus actividades económicas, sociales y políticas. Y el otro es, el Estado, que modifica los mecanismos donde la sociedad establece los marcos institucionales, normativos y políticos (Correa y Rozas, 2016:13). Por este motivo en el presente estudio se retoman nuevos planes que construyen la seguridad peatonal del sistema de transporte urbano.

#### 1.2.1.1 PLAN MUNDIAL PARA EL DECENIO DE ACCIÓN PARA LA SEGURIDAD VIAL 2011–2020

Tradicionalmente se consideraba que la seguridad vial era responsabilidad del sector transporte, pero las lesiones causadas por el tránsito son un problema de salud pública de primera magnitud, no un mero derivado de la movilidad de los vehículos. Su prevención garantizaría condiciones más seguras para los peatones y los ciclistas (OMS, 2004: 3-4).

En este sentido la OMS (2011) extendió un acuerdo mundial, el cual, el 1° de marzo de 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 «Decenio de Acción para la Seguridad Vial». La iniciativa surge a partir de que los traumatismos causados por el tránsito pueden prevenirse dando pautas para la planificación del sistema de transporte orientado en la seguridad vial.

El Decenio alienta el compromiso político tanto para los países de ingresos bajos y medianos para integrar la seguridad vial en sus programas de asistencia, y para los países de ingresos altos para mejorar sus resultados en materia de seguridad vial, así como para compartir sus experiencias y conocimientos con los demás. Cada país establecerá su propio sistema de seguimiento dentro de su marco jurídico de los gobiernos locales y nacionales, deben ejecutar las actividades de conformidad con los cinco pilares de seguridad vial (figura 2).

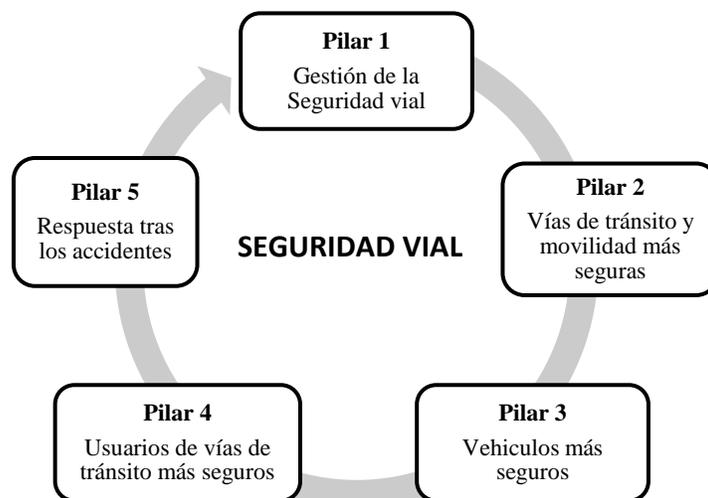


Figura 2. Cinco pilares de Seguridad vial.  
Fuente: OMS, 2011

### 1.3 SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO SEGURO

Cualquier ciudad ya sea mediana o grande poseen algún medio de transporte. Según Guyón (1973) en las ciudades existen cuatro modelos de transporte urbano los cuales han sido determinados por influencias culturales, sociales e ideológicas, diferenciadas y no, por las capacidades económicas y técnicas. Estos modelos son: el *americano*, predomina el automóvil privado; el *soviético*, da prioridad al transporte público; el *parisiense*, mantiene un equilibrio entre transporte público y privado; y el *noreuropeo*, caracterizado por un razonable equilibrio entre el transporte privado y público (citado en Abejón, 1981: 46).

Ante esto, de acuerdo con Molinero y Sánchez (1997: 35) se deben evaluar las necesidades reales de cada ciudad en cuanto a las condiciones de transporte por lo que se tiene que reconocer la existencia de tres grupos participantes que se interrelacionan y que al mismo tiempo se contraponen. Los grupos son: el usuario o el consumidor del servicio (disponibilidad, puntualidad, tiempo de recorrido, comodidad, seguridad, costos de usuario), el prestador o proveedor del servicio (cobertura del sistema, confiabilidad, velocidad, capacidad, flexibilidad, seguridad, atracción de usuarios) y la comunidad o evaluador del servicio (calidad del servicio, costos del sistema, objetivos sociales, impactos al medio ambiente, consumo de energía, impactos a largo plazo).

Debido a la localización de hogares y servicios en la ciudad, muchas veces se requiere de transporte motorizado. Entre ellos, el transporte público urbano, que procura el

desplazamiento de las personas de un punto a otro en el seno de las ciudades (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 543). Por lo que, al generarse la movilidad los diferentes modos de transporte motorizado compiten por la elección de los ciudadanos y por el espacio público (SOCHITRAN, 2013: 14). En este sentido, se cita lo que establece el Artículo 15 del Reglamento de Tránsito del Estado de México (GEM, 1992: 5), en donde se menciona que los vehículos automotores se clasifican en:

- I. De uso particular: destinados para transporte de pasajeros, sin lucro alguno;
- II. De uso comercial: destinados al servicio particular de carga o de uso de una negociación mercantil o que, en su caso, constituyan un instrumento de trabajo, así como los de transporte de personal y escolares; y
- III. De uso o servicio público: el de pasajeros y de carga que opere mediante una concesión, permiso o autorización, con tarifa autorizada.

La sociedad utiliza el transporte como un servicio (necesidad), que se presta mediante la unión de múltiples lugares donde se llevan a cabo las distintas actividades (beneficio). En el análisis (social, económico y político) de este sistema global de transporte deben considerarse: los modos de transporte, los elementos del sistema; las personas, las mercancías a ser transportadas, los vehículos transportados, la red de infraestructura sobre la cual se movilizan los vehículos, los pasajeros, la carga, las terminales y los puntos de transferencia; los flujos de pasajeros, el viaje origen-destino (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 32-33).

### 1.3.1 TRANSPORTE URBANO SEGURO EN LA CIUDAD

De acuerdo con Figueroa (2005: 41) la globalización y las políticas liberales han afectado el funcionamiento de la ciudad incidiendo en el comportamiento de los transportes urbanos. Asimismo, Miralles-Guasch (2002: 107) argumenta que “el transporte y el territorio urbano están basados en el paradigma de la causalidad”, es decir, el transporte es creado conforme al desarrollo urbano, si este es desigual, el transporte va a tener la misma dinámica. Para ello, se debe estudiar el transporte urbano desde las críticas temporales de paradigmas teóricos y las perspectivas de dimensión espacial, y socioeconómico.

### 1.3.1.1 REGULACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO PÚBLICO

De acuerdo con Molinero y Sánchez (1997), es importante tener conocimiento de los aspectos institucionales y legislativos del transporte público para comprender las problemáticas que presenta el funcionamiento del sistema urbano. En México, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos actúa como la base sólida y permanente que regula los derechos del hombre y la organización del Estado. En este sentido, regula la normatividad de transporte a nivel nacional, estatal y municipal.

Conforme en lo anterior, el Gobierno del Estado de México regula el tránsito vial municipal mediante las normas que están dispuestas por el Reglamento de Tránsito del Estado de México. Las reglas de tránsito de transporte público establecen que toda circulación de vehículos en el estado, los usuarios de las vías públicas están obligados a obedecer las disposiciones del reglamento, las indicaciones y señales para el control de tránsito y demás normas jurídicas. En el cuadro 1 se resaltan los artículos que para efectos de este estudio son importantes (1992: 18-25).

Cuadro 1. Descripción general de los artículos del Reglamento de Tránsito del Estado de México que favorecen la seguridad peatonal.

Artículo	Descripción general
Artículo 62.-	Los usuarios de la vía pública deberán abstenerse de obstaculizar el tránsito de peatones y vehículos.
Artículo 64.-	La velocidad máxima dentro del perímetro de los centros de población será de 50 kilómetros por hora. En zonas con concurrencia de personas, la velocidad máxima será de 20 kilómetros por hora. En las demás vías públicas del Estado, la velocidad máxima será la que se determine en los señalamientos respectivos.
Artículo 68.-	Los vehículos automotores destinados al transporte público de pasajeros como autobuses, etc., deberán circular siempre por el carril derecho o por los carriles destinados para ellos, realizando maniobras de ascenso y descenso de pasajeros solamente en las zonas fijadas al efecto, a treinta centímetros de la acera derecha.
Artículo 82.-	Queda prohibido al conductor de un vehículo rebasar a otro, a excepción si las directrices I, II, III, IV, V, VI, y VII lo permiten.
Artículo 85.-	Al dar vuelta en un crucero deberán hacerlo con precaución, ceder el paso a los peatones y proceder de la manera que se describe en las 5 directrices de este artículo.
Artículo 86.-	La vuelta a la derecha siempre será continua, excepto en los casos donde existan señales restrictivas, para lo cual, el conductor deberá proceder con base a las 4 directrices del presente artículo.
Artículo 90.-	Respetar las obligaciones de los conductores de vehículos automotores, según las directrices I, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIV, y XXIII.

Fuente: GEM, 1992: 18-25.

### 1.3.2 INFRAESTRUCTURA VIAL

Por otra parte, la disponibilidad de una adecuada infraestructura de transporte urbano, que permita movilizar a personas y bienes de modo digno, oportuno, confiable y económico, integra indudablemente aquel núcleo de necesidades básicas comunes (Lupano y Sánchez, 2009: 9). El rol de la infraestructura pública es sin duda significativo en la aparición de distintas realidades territoriales. En este sentido, la relación entre las redes de conexión urbana y el planeamiento espacial va más allá de la relación físico espacial. El desarrollo de la conectividad en la ciudad tiene influencia tanto en las relaciones socioeconómicas como en las relaciones socioculturales en espacio y tiempo (Jans, 2009: 9).

#### 1.3.2.1 SEÑALAMIENTOS

Algunas medidas de control del sistema de transporte en la infraestructura urbana, se denominan dispositivos para el control del tránsito. En las que se incluyen: las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que se deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 125).

En el caso del transporte público, es un objeto vertical que indica la presencia de una parada en un área urbana o ruta de transporte determinada. La señal vertical, se utiliza para que los transportistas y usuarios puedan visualizar desde una distancia prudencial la ubicación de una parada y tomar sus previsiones pertinentes: reducir la velocidad, anticipar la parada al conductor, evitar accidentes y ubicarse en el contexto según sea el caso (De Sousa De Abreu, 2012: 22). Cal y Mayor y Cárdenas (2007: 127-143) clasifican a los dispositivos de control de tránsito en (figura 3): señales preventivas, señales restrictivas, señales informativas, señales diversas y marcas:

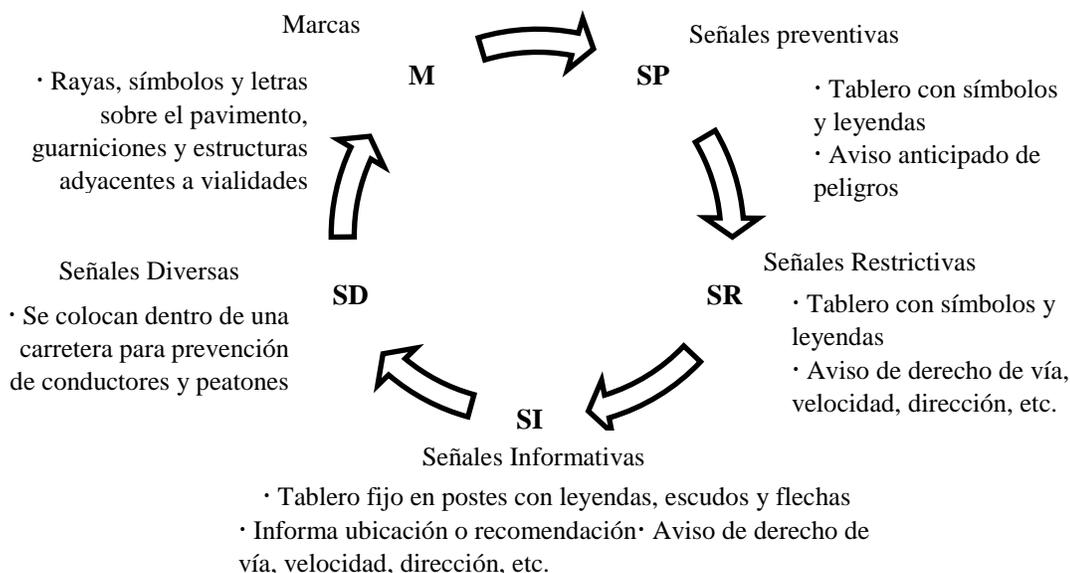


Figura 3. Dispositivos de control de tránsito.  
Fuente: Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 127-143

Así mismo, el Artículo 53 del Reglamento de Tránsito del Estado de México establece que las señales de tránsito deben ser respetadas por los usuarios de acuerdo con su clasificación:

- I. Las señales preventivas, los conductores están obligados a tomar las precauciones necesarias que se deriven de ellas;
- II. Las señales restrictivas, los conductores y peatones deberán obedecer las restricciones que pueden estar indicadas en textos, en símbolos o en ambos;
- III. Las señales informativas, solo tienen por objeto servir de guía para localizar o identificar calles o carreteras, así como nombres de poblaciones y lugares de interés, con servicios existentes (GEM, 1992: 14).

#### 1.3.2.1.1. PARADAS DE AUTOBÚS

Una vez teniendo en cuenta la clasificación de los dispositivos de control, se profundiza el conocimiento de las paradas de autobús público como parte de las problemáticas existentes en el sistema de transporte. Para ello, se retomó de Molinero y Sánchez (1997) que los puntos de paradas y estaciones ejercen una influencia considerable en la operación ya que, limitan la capacidad de línea y el número de unidades de transporte que puedan operar, su ubicación y espaciamiento debe ser adecuado para atraer al usuario y ejercen una influencia en el consumo de combustible en el cual variará según mayor o menor número de paradas.

Tal como ya se mencionaba anteriormente, las Señales Informativas se subdividen en: Señales Informativas de Servicios (SIS) y en Señales Informativas de Turísticos (SIT). Estos señalamientos deben ser colocados en el lugar donde existe el servicio y a un kilómetro del mismo (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 141). Por otra parte, el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito de Calles y Carreteras, clasifica a las paradas de autobús como: SIST-19 Parada de autobús (figura 4), este señalamiento lleva una placa adicional que indica el número de la ruta y las principales paradas del itinerario (SCT, 1986: 209).



Figura 4. Tipos de señales informativas de servicios turísticos.  
Fuente: SCT, 1986: 209.

Entre las consideraciones de las paradas se encuentra, el espacio que debe existir entre una parada y otra, ya que puede afectar directamente a las empresas de transporte y al usuario. Explicado de otra forma, se tiene que tomar en cuenta que las paradas no sean tan frecuentes en una ruta de transporte para no incrementar los costos operacionales de las empresas, incluso que las paradas que no estén tan distanciadas del usuario para evitar que sea víctima de la inseguridad y que pueda administrar su tiempo para propósitos específicos (De Sousa De Abreu, 2012:19).

### 1.3.3 FLUJO DE TRANSPORTE

La congestión urbana constituye un problema mundial, común a todos los países con independencia de su grado de desarrollo, el cual, además de sus costos inmediatos en términos de tiempos de viaje, incrementa los riesgos de accidentes y se vincula estrechamente con excesos en el consumo de combustibles y el consiguiente daño ecológico. Especialmente en América Latina, donde los estándares tecnológicos, las normas de protección ambiental y la educación vial preventiva son más débiles que en los países centrales (Lupano y Sánchez, 2009: 14).

El análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite evaluar a eficiencia de la operación. Algunas de las características fundamentales se representan en tres variables: el flujo, la velocidad y la densidad. Su conocimiento es de importancia ya que éstas indican la calidad o nivel de servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 276).

De acuerdo con Guamán (2016: 27) existen dos tipos de flujo de tránsito: el flujo continuo y el flujo discontinuo. El primero, es aquel que en el vehículo que va transitando sólo se ve obligado a detenerse donde no existen intersecciones con semáforos o señales de alto, por ejemplo, cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias, etc. Y el segundo, es el característico a calles urbanas donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, donde existe cualquier tipo de dispositivo de control de tránsito que genera la detención periódica de los vehículos.

De acuerdo con Cal y Mayor y Cárdenas (2007), las variables relacionadas con el flujo son la tasa de flujo, el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre vehículos. La Tasa de Flujo,  $q$ , es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección trasversal de un carril o calzada. Es, el número de vehículos,  $N$ , que pasan en un intervalo de tiempo específico,  $T$ , inferior a una hora, expresada en vehículos por minuto (veh/min) o vehículos por segundo (veh/s). No obstante, puede ser expresada en vehículos por hora (veh/h), pero no se trata del número de autos que pasa en una hora completa o volumen horario,  $Q$ . Su expresión es la siguiente:

$$q = \frac{N}{T}$$

$h_i$ = Intervalo simple. Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

$Q$ = Volumen horario

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N - 1}$$

Donde:

$\bar{h}$ = intervalo promedio (s/veh)

$N$ = número de vehículos (veh)

$N-1$ = número de intervalos (veh)

$h_i$ = intervalo simple entre el vehículo  $i$  y el vehículo  $i+1$  (2007: 277)

Por otra parte, una de las consideraciones para el análisis del flujo de tránsito son las características de la red vial. Retomando a Flores (2010) la clasificación funcional de una red o un sistema vial urbano se compone de: vialidades primarias, vialidades secundarias y las calles locales (cuadro 2):

Cuadro 2. Características del Sistema Vial Urbano.

Clasificación	Funciones Principales	Instalaciones segregadas para autobús	Velocidad de diseño estándar	Estacionamiento de vehículos motorizados	Otras características
Calles locales	Acceso a terrenos y propiedades	No requeridas	30/40km/hr	Permitido	Debe desalentarse el tránsito de paso
Calles colectoras	Vincula calles locales y arteriales	No requeridas	40/50km/hr	Limitado	Desalienta el tránsito de paso
Vías arteriales menores	Movimiento intercomunidades e intra-ciudad	Deseable donde el tránsito de autobuses y en general tienen niveles altos	50/75km/hr	Limitado o Prohibido	Generalmente la columna vertebral del sistema arterial urbano
Vías arteriales primarias	Movimiento intercomunidades e intra-ciudad	Deseable donde el tránsito de autobuses y en general tienen niveles altos	50/75km/hr	Limitado o Prohibido	Generalmente la columna vertebral del sistema arterial urbano
Autopistas con acceso limitado	Tránsito de más larga distancia extra e intra metropolitano	Deseable si el volumen de autobús es alto y la ruta sufre por la congestión	75km/hr	Prohibido	Intersecciones a distinto nivel

Fuente: Flores, 2010

#### 1.3.4. ACCIDENTES VIALES

Las dos consecuencias principales del problema de tránsito lo constituyen la accidentalidad y el congestionamiento. De ellos, el primero es de gran importancia, ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007: 510).

En el ámbito urbano existe una mezcla de usuarios expuestos a sufrir un accidente de tráfico: los conductores de vehículos de motor, los motociclistas, los ciclistas y los peatones. En este último caso, queda claro el papel del peatón como el usuario más vulnerable al encontrarse

ante un evento accidental, el cual queda totalmente desprotegido ante la energía generada por el vehículo contra el cual se impacta (Híjar-Medina, 2000: 189). Las lesiones que puede recibir dependen del tipo de accidente, según el Centro de Experimentación y Seguridad Vial México, son: por colisión frontal, colisión posterior o alcance, colisión lateral, choque, o volcadura (CESVI México, 2008 :16-18).

Por la razón anterior, en este capítulo se puntualizaron las bases teóricas en busca de la priorización del peatón en el sistema de transporte urbano de las ciudades. Ante la necesaria resolución de la problemática de paradas conflictivas, en el capítulo siguiente se expone la metodología aplicada en la ciudad de Toluca.

## CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado denominado Capítulo II. Marco metodológico, se expone una propuesta metodológica a partir del enfoque geográfico para la identificación de paradas conflictivas con datos de accidentes ocurridos en 2013 a 2015. En los que se procesan los factores que están relacionados con los accidentes de tránsito y se verifica con formatos de evaluación a partir de la observación del entorno y la percepción del peatón.

Durante la elaboración de la investigación se retomó de Hernández et al. (2006: 5-9), la utilización de dos tipos de enfoques: cuantitativo y cualitativo. El cuantitativo para la construcción teórico-metodológica de la investigación, mientras que el cualitativo, para la recolección de datos obtenidos a través de encuestas y observaciones en campo. Al mismo tiempo, se aplicaron los principios del método geográfico: (i) localización y distribución, (ii) descripción y explicación, (iii) comparación, (iv) causalidad, (v) conexión o correlación, y (vi) evolución.

Con todo lo anterior, se construyó la estructura base que permitió la elaboración de este proyecto (figura 5).

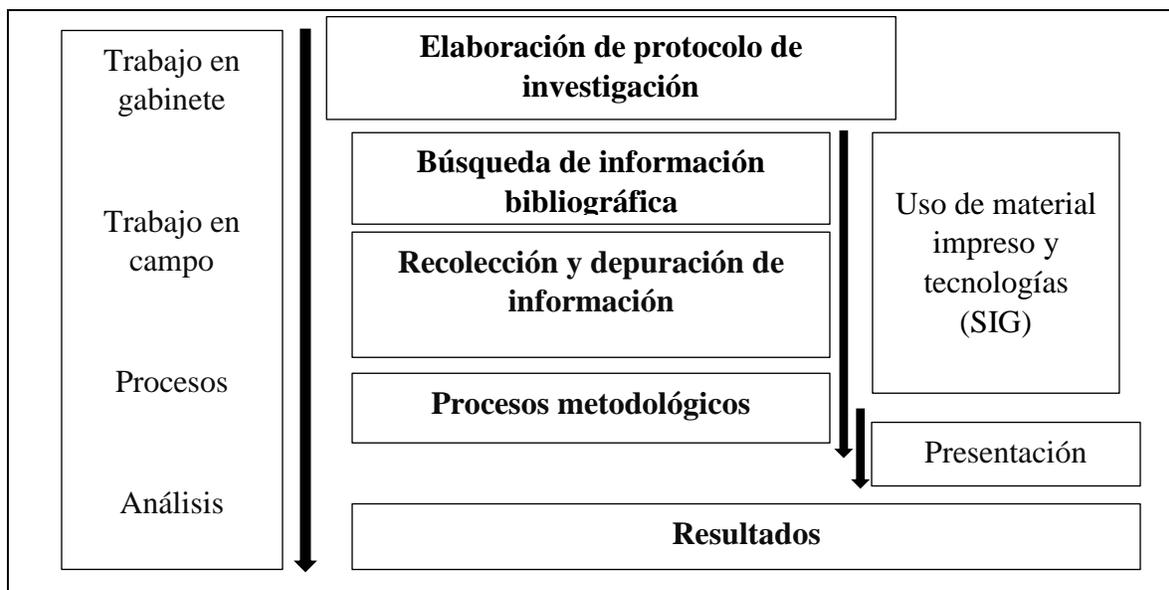


Figura 5. Estructura cronológica general de la metodología aplicada.  
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la metodología aplicada para la resolución de la problemática expuesta en esta investigación se construyó al retomar variables que otros autores han planteado para la localización de puntos críticos y la evaluación de la vulnerabilidad peatonal haciendo uso del análisis espacial. En la figura 6, se muestra la estructuración metodológica en que los métodos fueron aplicados.

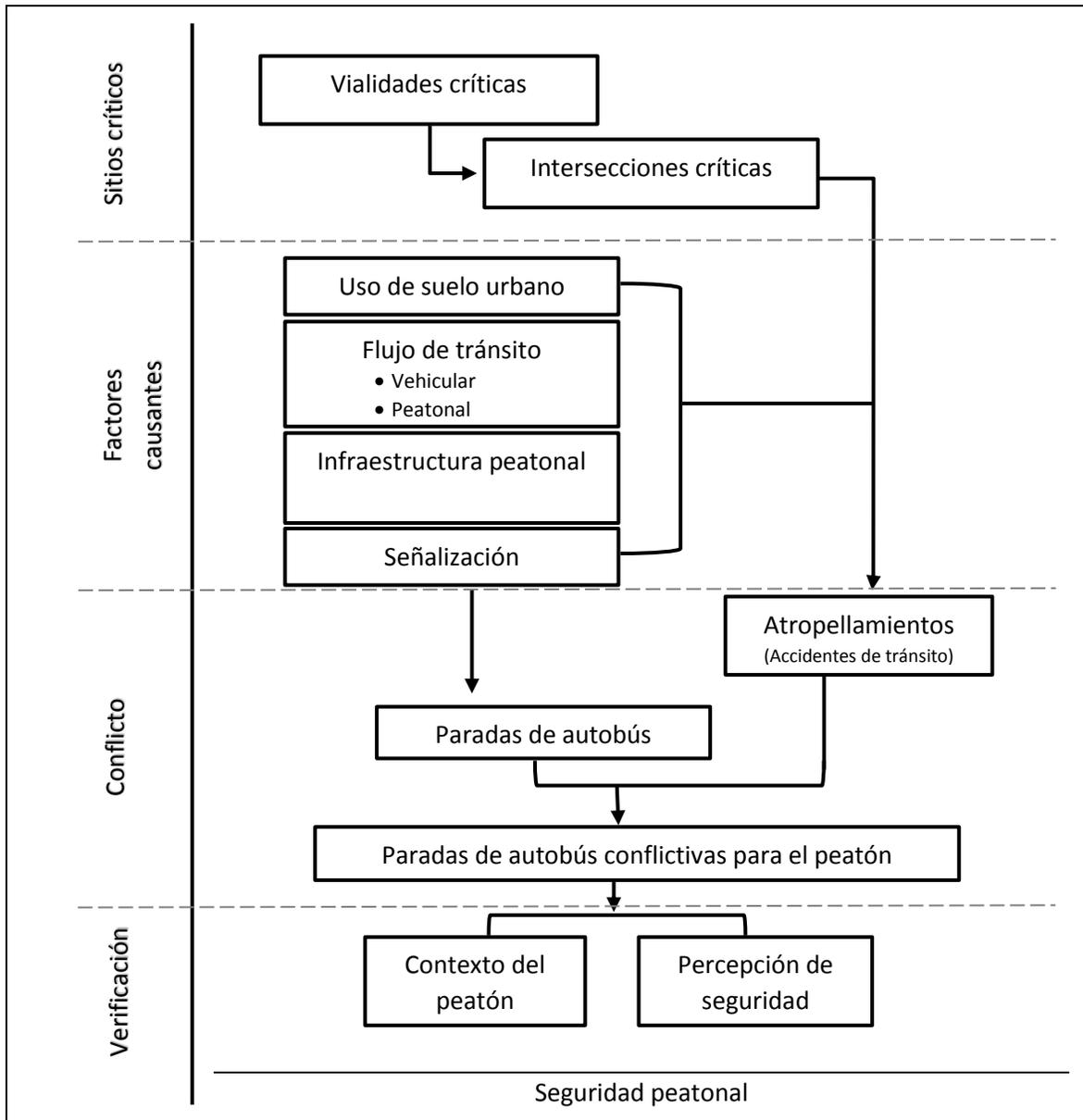


Figura 6. Estructura de metodología aplicada.

Fuente: Elaboración propia con base en Rodríguez et al. (2014), Alcaldía de Barranquilla (2012), Instituto MAPFRE (2005), Martínez y Olivares (2012), González y Ordoñez (2014) y Reséndiz (2004).

## 2.1 ZONA DE ESTUDIO

La delimitación de la zona de estudio en esta investigación se realizó en tres escalas, las cuales están subdivididas como sitios críticos y puntos críticos. Utilizando como referencia la base de datos de accidentes de tránsito de enero de 2013 a julio del 2015, se consideró como sitios críticos a:

i. *El municipio de Toluca de Lerdo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT):* se describe para comprender el desarrollo evolutivo y el contexto en el que se desarrolla la problemática partir de información histórica del crecimiento sociodemográfico de la ZMVT que impulsaron su desarrollo. Así como el contexto en el que se encuentra, es decir, la ubicación geográfica, estructura urbana, tipo de servicios urbanos con los que cuenta y estructura de las vialidades.

ii. *Vialidades conflictivas:* donde la investigación centra la identificación de factores que propician la falta de seguridad peatonal. Para ello, se muestra la frecuencia de accidentes.

Mientras que, los puntos críticos fueron aquellos donde la densidad de accidentes es mayor, principalmente la frecuencia de atropellamientos.

iii. *Intersecciones críticas de estudio:* puntos peligrosos que propician la vulnerabilidad peatonal.

### 2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE SITIOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD VIAL

#### i. EL MUNICIPIO DE TOLUCA DE LERDO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA (ZMVT)

Toluca de Lerdo como capital del Estado de México actualmente presenta una población aproximada de 873, 536 habitantes (figura 7) y tiene una extensión territorial de 456.17 km<sup>2</sup> (INEGI, 2015).

El municipio fue fundado a mediados del siglo VII por los indígenas Matlalzincas, sin embargo, la población del Valle de Toluca no estuvo constituida por una sola tribu, sino que varias se alojaron en diversas épocas (Hernández, 2013). Su crecimiento ha sido marcado por la industrialización a partir de la década de los cincuenta y el crecimiento reciente del sector terciario en los años ochenta (Arteaga, 2005).

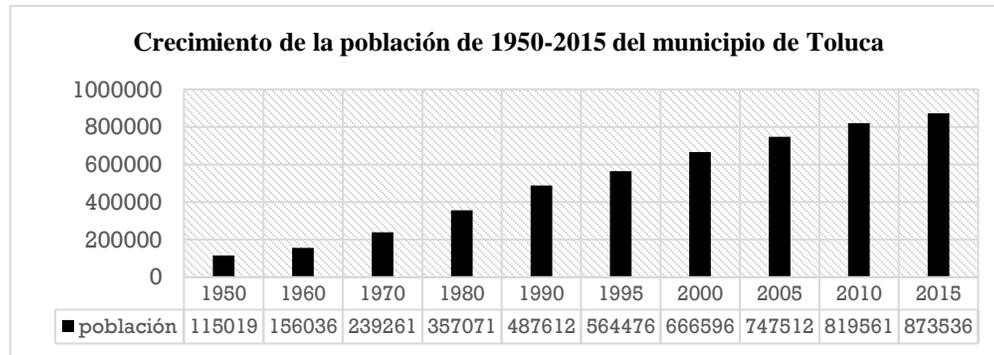


Figura 7. Población total del municipio de Toluca.

Fuente: Censos y Conteos de Población y Vivienda por localidad INEGI, 1950-2015

El crecimiento acelerado ocurrió entre 1940 y 1960, cuando influye la política de industrialización a nivel nacional y comienza a mostrarse como un centro nodal de desarrollo a nivel regional. Con la creación del corredor industrial Toluca-Lerma del municipio inicia el proceso de urbanización de las zonas periféricas al centro. Así como la conurbación con poblados cercanos, además de los municipios aledaños. Considerado como el comienzo del proceso de conformación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT). Esta década dio inicio a una nueva etapa de desarrollo, la cual se caracterizó por el crecimiento territorial (Arteaga, 2005 y Sánchez, 2016).

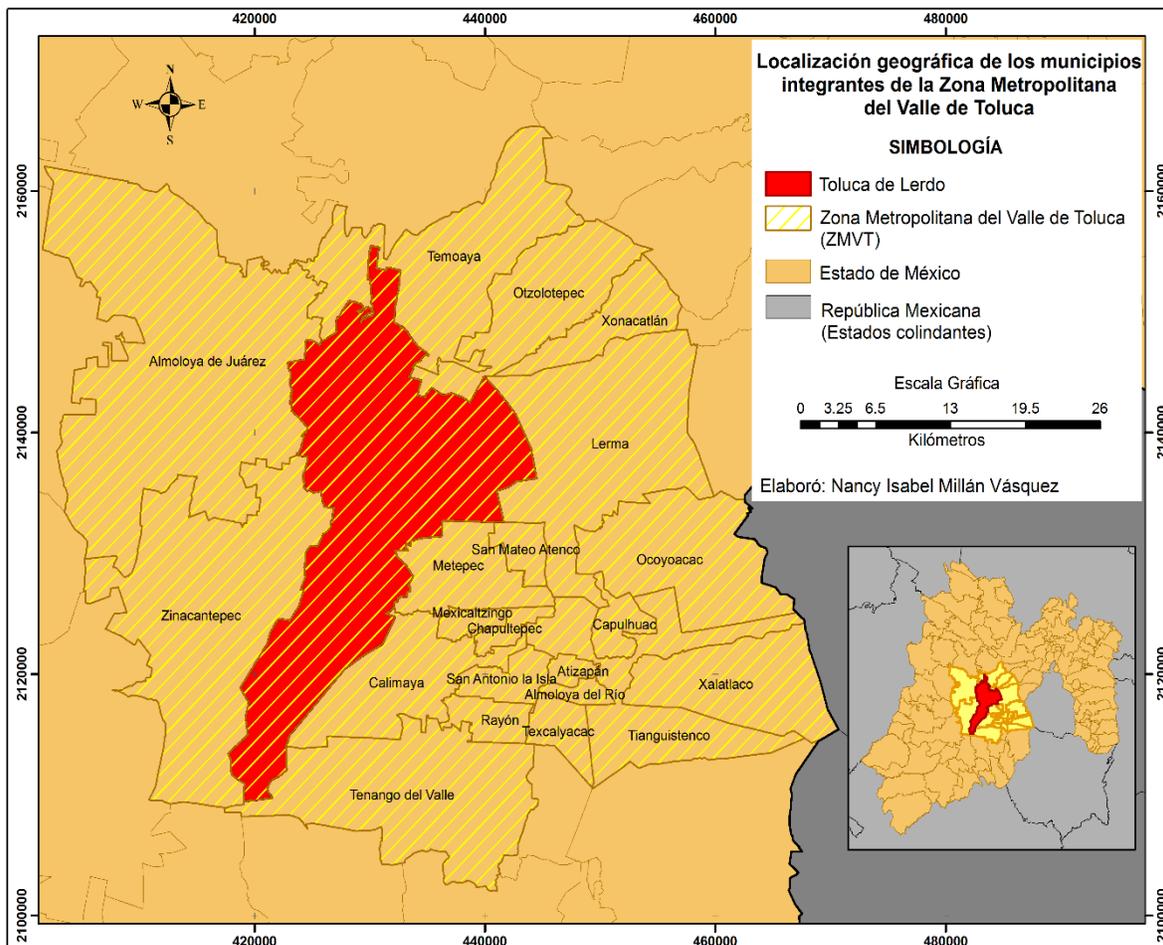
Para 1970 comienza el proceso de ocupación del suelo rural de forma dispersa en dirección nororiente. Se debió a la desconcentración de industrias ubicadas en la periferia conurbada, para relocalizarlas en nuevos parques industriales, y también por el desplazamiento de habitantes del Distrito Federal al Estado de México causado por el sismo de 1985. Para 1990, se logró una consolidación de 9 municipios conurbados para la Región del Valle de Toluca. Mientras que, la consolidación final de la ZMVT se dio en tres etapas:

- i. hacia el año 2000, ya se habían incorporado los municipios de Calimaya, Xonacatlán, Ocoyoacac, Almoloya de Juárez, Otzolotepec, Chapultepec y Mexicaltzingo;
- ii. para el 2005, se incorporó Rayón y San Antonio La Isla;
- y iii. en el 2009, Almoloya del Río, Santiago Tianguistenco, Atizapán, Capulhuac, Temoaya, Tenango del Valle, Texcalyacac y Xalatlaco (cuadro 3), bajo criterios de conectividad vial, dependencia de servicios o equipamientos, relaciones comerciales, entre otros, para completar los actuales 22 municipios que conforman la ZMVT (H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014). En el mapa 1, se observan los municipios que actualmente son integrantes de la ZMVT.

Cuadro 3. Municipios que pertenecen a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Municipios conurbados	Municipios adicionales a la ZMCT	Municipios Periféricos
Toluca	Calimaya	Almoloya del Río
Metepec	Mexicaltzingo	Atizapán
Zinacantepec	Chapultepec	Capulhuac
Lerma		San Antonio la Isla
San Mateo Atenco		Rayón
Otzolotepec		Temoaya
Xonacatlán		Tenango del Valle
Ocoyoacac		Texcalyacac
Almoloya de Juárez		Tiangustenco
		Xalatlaco

Fuente: Elaboración propia con base en H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014:95



Mapa 1. Localización geográfica de Toluca de Lerdo.

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

La estructura urbana de la ZMVT de acuerdo con el H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 es producto del desarrollo de las vialidades regionales y de algunas conexiones entre ellas, principalmente en forma de anillos viales que poco a poco se han integrado. De esta manera

se entiende como un modelo de crecimiento concéntrico-lineal-nuclear con una periferia interconectada, a partir de:

- La conurbación con subcentros urbanos y distritos homogéneos;
- De dos subcentros metropolitanos dominantes y dos ejes/corredores de desarrollo prioritarios (Toluca-Ocoyoacac y Toluca-Metepec);
- Del crecimiento periférico metropolitano polinuclear, zonas nororiente, suroriente y enclaves urbanos;
- Y la periferia metropolitana con dos subcentros interconectados, suroriente (Tianguistenco) y sur (Tenango del Valle).

En cuanto a la localización de equipamientos, estos han tendido a la formación de:

- Corredores con actividades especializadas de abasto (Av. López Portillo),
- Industria y servicios (Paseo Tollocan),
- Comercio y servicios (Pino Suarez)
- Servicios (Boulevard Adolfo López Mateos)

En consolidación se encuentran los corredores Toluca-Palmillas (industrial) y Vialidad Solidaridad-Las Torres (servicios). También se han localizado concentraciones puntuales de servicios o equipamientos en el centro y en algunos sitios de la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), tales como el Outlet de Lerma, el Aeropuerto Internacional, los Centros Penitenciarios, el Centro Cultural Mexiquense, el Distrito Artesanal de Metepec, el eje Comercial de la vía Metepec, entre otros.

## ii. VIALIDADES CONFLICTIVAS

Debido a la extensión de municipio se enfocó el estudio sobre las vialidades importantes, es decir, donde hay mayor tránsito de personas y de transporte, tanto público como privado. Considerando a las vialidades en toda su longitud se identificaron como corredores críticos, los cuales, según la Alcaldía de Barranquilla (2012), se definen como “las vías o rutas donde se presentan frecuencias altas de accidentes, sin que lleguen a existir grandes concentraciones. Se definen considerando los accidentes por kilómetro ocurridos en un área de influencia de 50 metros de cada lado del corredor, con un promedio de 5 accidentes por año durante 3 años del análisis de los datos”.

Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizó el programa ArcGIS versión 10.2 para el procesamiento y obtención de las vialidades conflictivas. Primero, se hizo visualización general de las siguientes capas vectoriales:

- La REDVIAL de la ZMVT, obtenida de Torres (2007)
- Los ACCIDENTES DE TRÁNSITO ocurridos de enero del 2013 a julio de 2015, obtenidos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito (2015).

Cabe recalcar que, esta capa carece de datos de accidentes de tránsito en algunos meses del año 2015, debido a que sólo se proporcionó esa información, por esto, en los análisis siguientes se consideran como accidentes ocurridos en la mitad de todo el año.

Sin embargo, para esta investigación se retomaron las 20 vialidades que integran el Sistema vial primario de la Ciudad de Toluca, considerando que estas forman parte o son una continuidad de los ejes regionales y que dan acceso al centro de la ciudad, y que en la actualidad presentan conflictos viales en algunos cruces con otras vialidades primarias o secundarias o a su paso por centros urbanos con flujos vehiculares intensos (H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014: 149-151). Por ello para acoplar esta información a la investigación, en ArcGIS 10.2 se cortó de la capa REDVIAL a cada una de las 20 vialidades.

Posteriormente, a cada vialidad se modificó el área de influencia de 50 metros de cada lado por un área de influencia (*buffer*) de 10 metros como radio (figura 8). Después, se sobrepuso la capa ACCIDENTES DE TRÁNSITO y se aplicó un *clip*, es decir, se recortaron los accidentes de tránsito ocurridos dentro de cada *buffer* de las vialidades. El cuadro 4 muestra los datos resultantes, los que incluyen aquellos que pasan sobre la recta de cada vialidad y sobre su intersección con alguna otra vialidad.

Una vez obtenidos los datos de las 20 vialidades, se seleccionaron para vialidades de estudio aquellas donde los valores de accidentes de tránsito 2013- 2015 son mayores a 200. A excepción de Isidro Fabela que se omitió porque considerando que, al tener una incidencia de accidentes demasiado alta, está vialidad requiere un estudio individual ya que es una de las vialidades más importantes de Toluca y al ocurrir muchos accidentes de tránsito es necesario investigar a fondo a los factores que los propician.

Por tal razón, se cambió por Paseo Tollocan por mayor conexión para el acceso al centro de la ciudad. Aunque es importante recalcar que, a pesar de ser una vialidad muy importante para la ciudad, los datos de Paseo Tollocan difieren en esta tabla. Ya que, la vialidad es administrada por el Estado y por ello, el municipio no tiene todos los datos de accidentes ocurridos sobre esta.

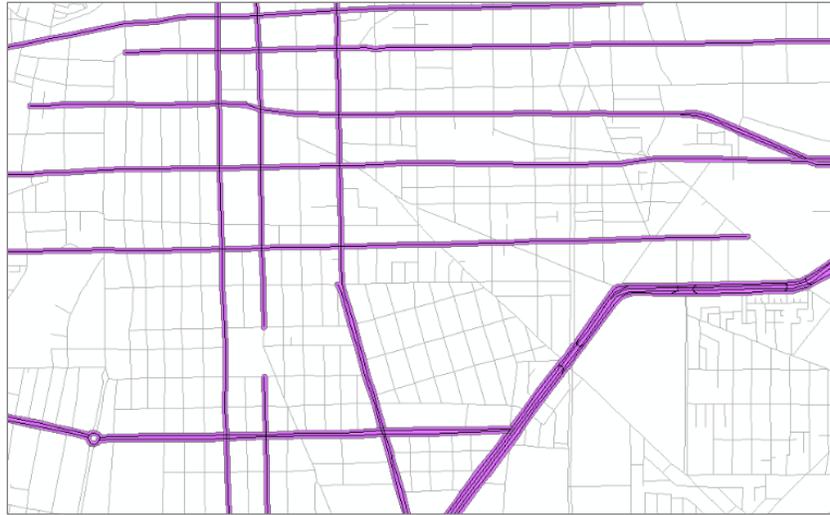


Figura 8. Área de influencia de 10m de radio.  
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Sistema vial primario de Toluca con mayor concentración del servicio transporte.

Vialidad	Accidentes 2013- 2015
Av. Isidro Fabela	764
Av. José María Morelos y Pavón	563
Av. Benito Juárez	395
Av. Sebastián Lerdo de Tejada	378
Av. Miguel Hidalgo y Costilla	363
Av. Venustiano Carranza	322
Av. Independencia	275
Av. José María Pino Suárez	268
Av. Valentín Gómez Farías	249
Av. Ignacio López Rayón	229
Av. Heriberto Enríquez	158
5 de mayo	155
Paseo Tollocan	140
Av. Las Torres	129
Paseo Cristóbal Colón	98
Santos Degollado	63
Felipe Berriozábal	32
Av. Alfredo del Mazo	24
Av. Adolfo López Mateos	10
Av. José López Portillo	5

Fuente: Elaboración propia con base en Torres, 2007 y H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014.

### 2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD VIAL

Para prevenir las lesiones causadas por atropellamientos es necesaria la identificación de puntos críticos (del inglés hotpots), además de su caracterización y su análisis. Cada punto crítico debe ser evaluado estadísticamente respecto a su accidentalidad mediante procesos del análisis geográfico: mensual, por año, por gravedad, clase, horario y día de la semana, por frecuencia, y tipos (Alcaldía de Barranquilla, 2012; Ramírez y Rivera, 2010; Rodríguez et al., 2014).

Antes de caracterizar la accidentalidad ocurrida del 2013 al 2015 en las 10 vialidades de estudio se hizo una revisión de los resultados. Esto debido a que con el buffer de 10 m de radio incluyeron todos los accidentes, es decir, que ocurrieron en la recta de la vialidad e intersecciones, pero al momento de sobreponer todos los accidentes de las diez vialidades conflictivas, los valores se duplican en las intersecciones que comparte entre sí.

Por ello, la verificación consistió en que se separaron los accidentes que comparten las vialidades conflictivas de estudio en sus intersecciones (cuadro 5).

Cuadro 5. Verificación de los accidentes del 2013 al 2015 en las vialidades de estudio.

Vialidad	Accidentes 2013- 2015	Accidentes 2013- 2015 (Revisión)
José María Morelos y Pavón	563	514
Benito Juárez	395	241
Sebastián Lerdo de Tejada	378	356
Miguel Hidalgo y Costilla	363	312
Venustiano Carranza	322	299
Independencia	275	254
José María Pino Suárez	268	160
Valentín Gómez Farías	249	223
Ignacio López Rayón	229	120
Paseo Toluca	140	139
<b>Total</b>	<b>3182</b>	<b>2618</b>

Fuente: Elaboración propia

Tal como menciona Varela (2016) con el uso de las técnicas de análisis espacio- temporal para la medición de la ocurrencia de accidentes viales se pueden realizar comparaciones entre un año a otro, medir la densidad e indicar los puntos de mayor concentración de accidentes en las vialidades, para que estas puedan ser atendidas por las autoridades correspondientes.

Es por eso, que en esta investigación se mide la frecuencia de accidentes en cada vialidad por densidad, por año y por tipo. Se representó con gráficos y mapas.

#### 2.1.2.1 ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD

Primero se midió el comportamiento de la accidentalidad que se presentan en el municipio de Toluca mediante el índice de accidentalidad. Se realizó para el año 2015 utilizando el número de habitantes de Toluca del Censo de Población y Vivienda 2015. Dónde:

##### *Índice de Accidentalidad*

$$IA = \frac{\text{No. de accidentes en el año} \times 100,000 \text{ habitantes}}{\text{No. de habitantes en el año}}$$

Se obtuvo:

$$IA_{2015} = \frac{1,587 \times 100,000}{873,536}$$

La fórmula representa el número de accidentes con respecto al número de habitantes en el año que se está representando, este expresado por cada 100, 000 habitantes.

#### 2.1.2.2 DENSIDAD DE ACCIDENTES

Posteriormente, se analizó espacialmente la frecuencia de accidentes en las vialidades de estudio de acuerdo con la densidad de ocurrencia. En este caso se analizó la densidad por intersecciones y con el Índice de Kernel.

##### *Índice de densidad de Kernel*

De acuerdo con Gatrell et al. (1996; citado en Bermúdez, 2016: 9), la estimación de Kernel es usada en un contexto estadístico para obtener estimaciones suavizadas, mientras que, para Fotheringham et al. (2002; citado en Bermúdez, 2016: 9) es un método espacial de la función de densidad de probabilidad para una variable  $x$  de un conjunto de observaciones  $y$ . La estimación de Kernel, se basa en un enfoque no paramétrico para la formulación de funciones de densidad. Su fórmula se representa (Moreno, 1991: 156):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Donde:

x = punto en el cual se trata de estimar la densidad,

X = valor de la variable en el caso  $i=1, n$ ,

K = símbolo del Kernel,

h = anchura de la ventana o parámetro de suavizado.

Dicho en palabras de Hernández-Vásquez et al. (2016), esta técnica analiza la relación entre varios puntos o eventos geográficos (por ejemplo, puntos georreferenciados de atropellos), de manera que los puntos más cercanos generan áreas de mayor frecuencia (densidad) dentro de un área determinada. Esto permitió a la investigación identificar los núcleos de concentración alta, media y baja de accidentes de tránsito en las vialidades conflictivas.

Para ello, el proceso se realizó con técnicas del programa ArcGIS 10.2. Primero se unieron con un *merge* a las diez capas revisadas de accidentes de tránsito de las vialidades conflictivas. Y después, a esta capa (ACCTRANS\_MERGE) se le aplicó la técnica *Kernel Density* que se encuentra en la extensión *Spatial Analyst* (figura 9), con ancho de banda predeterminado y tamaño de celda de 14.194 (predeterminado).

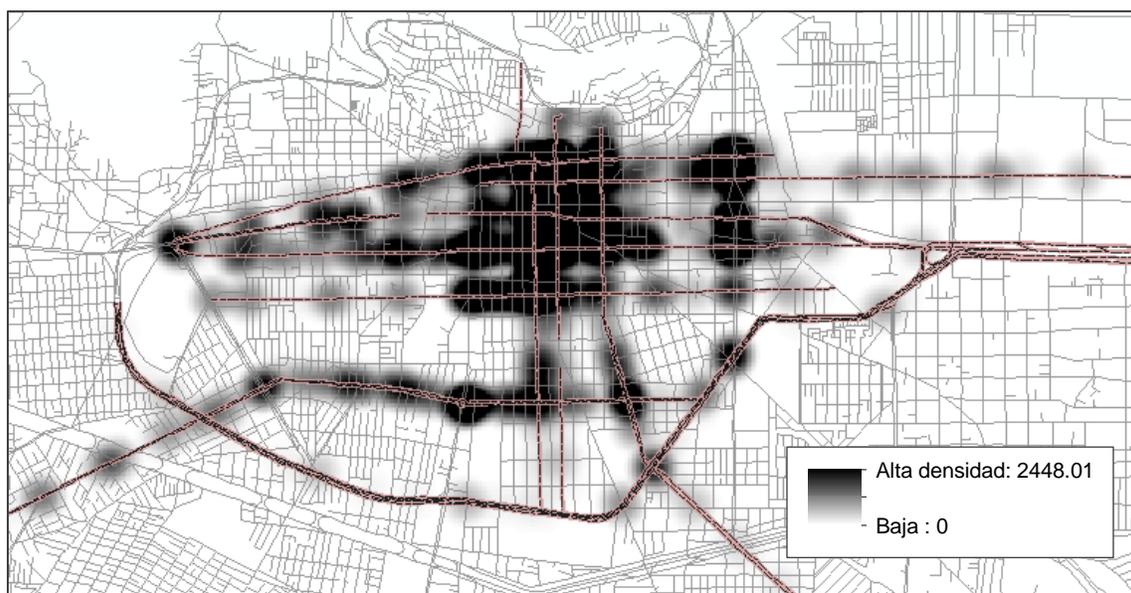


Figura 9. Densidad de Kernel en las vialidades conflictivas.

Fuente. Elaboración propia

### *Densidad por intersección de las vialidades estudio*

La medición de la frecuencia de accidentes por intersección permite identificar las intersecciones críticas, la cuales se defienden así debido a la presencia constante de movimientos conflictivos entre vehículos y entre vehículo-peatón. Las intersecciones críticas se determinan en un radio de 50 metros (Alcaldía de Barranquilla, 2012).

Como la base de datos de accidentes ocurridos del 2013 al 2015 se encuentra en formato vectorial, primero se marcaron las intersecciones de las 10 vialidades de estudio (figura 10) utilizando como base la capa REDVIAL (Torres, 2007). Se marcaron un total de 561 intersecciones.

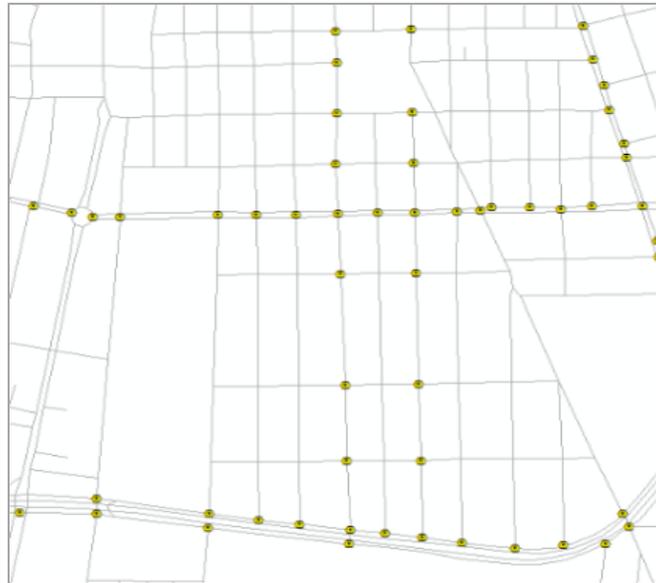


Figura 10. Intersecciones de las vialidades conflictivas.  
Fuente: Elaboración propia

Después, a las intersecciones de cada vialidad se trazó un área de influencia (*buffer*) de 20 metros como radio debido a que la longitud de algunas cuadras es menor a 50 metros.

Posteriormente, con la herramienta *spatialjoin* en el programa ArcMap 10.2 se unieron los datos de accidentes ocurridos del 2013 al 2015 en las vialidades de estudio con el área de influencia de las intersecciones.

CONASET (2010) consideró como puntos de conflicto para peatones a partir de 5 accidentes por año, sin embargo, para el periodo de análisis de esta investigación se tomó como 5 accidentes por intersección debido a que la frecuencia más alta es de 74 accidentes.

Se representó a partir de la agrupación de los valores por *equal interval* en 6 rangos (figura 11), debido a que los “intervalos equivalentes o *equal interval*, dividen el rango de valores de atributo en subrangos de igual tamaño” (Esri, 2016), lo que permitió una mejor representación de los accidentes de tránsito en cada rango.

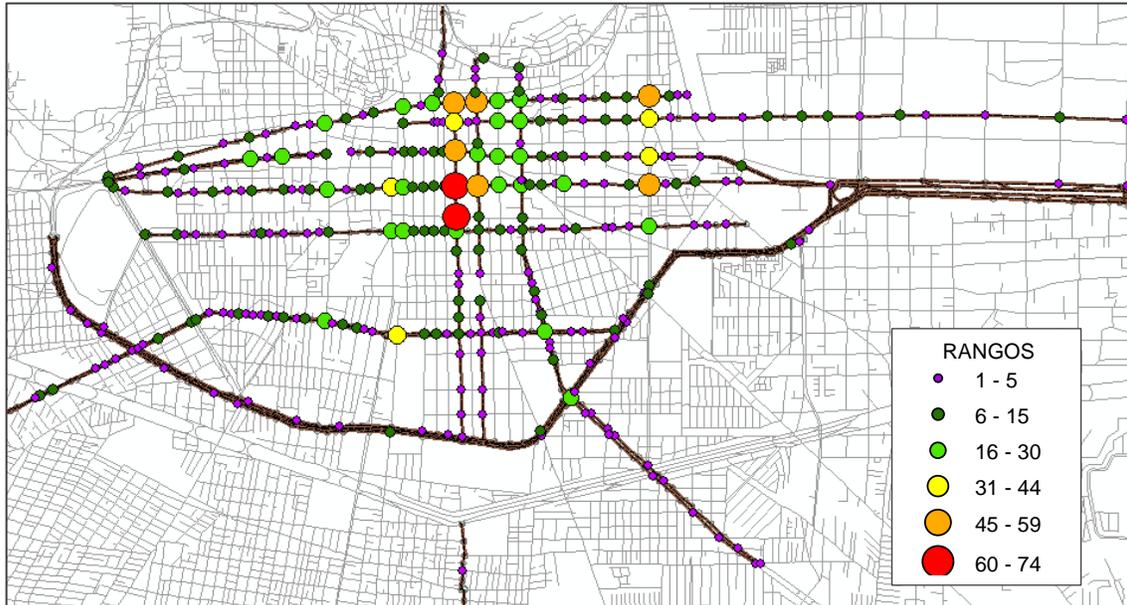


Figura 11. Frecuencia de accidentes por intersecciones de las vialidades conflictivas.  
 Fuente. Elaboración propia

Se comparó la información resultante con los datos de intersecciones con conflicto vial del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014). Como la información publicada no especifica los valores con los cuales definieron las intersecciones conflictivas, la comparación se hizo con los valores de los rangos Muy alto (60-74), Alto (45-59) y Medio (31-44) y Bajo (16-30) para el caso de Valentín Gómez Farías, Venustiano Carranza, José María Pino Suárez y Paseo Tollocan.

### 2.1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Posteriormente, se analizó el comportamiento de los accidentes en las vialidades de estudio. Pero, debido a que la base de datos obtenida contenía pocos datos específicos (cuadro 6) se analizó por año, por mes y por tipo de accidente.

Cuadro 6. Base de datos de Accidentes de tránsito 2013-2015.

Atributo	Significado	Disponibilidad
HORA	Hora en que ocurrió el evento (HH:MM)	si
FECHA	Fecha del evento (DD/MM/AAAA)	no
DIA	Día en que ocurrió el evento	si

MES	Mes en que ocurrió el evento	si
RESULTADO	Resultado	no
MUERTOS	Muertos	no
HOSPITAL	Hospital	no
COLONIA	Colonia	si
PARTICIPAN	Participación	no
AÑO	Año en que ocurrió el evento	si
TIP_ACC	Tipo de accidente	si
AUT_PART	Automóvil particular	no
SERV_PUB	Servicio público	no
MOTOCICL	Motocicleta	no
VEH_CARGA	Vehículo de carga	no
V_OFIC	Vehículo oficial	no
LESIONADO	Lesionado	no
AUT_DESCON	Desconocido	no
UBICACION	Ubicación en que ocurrió el evento	si
OBSERV	Observación	no
REFERENCIA	Referencia	no
DIA_MES	Día del mes en que ocurrió el evento	si
MINUTO	Minuto en que ocurrió el evento	si
CALLE_1	Calle principal en que ocurrió el evento	si
CALLE_2	Calle secundaria en que ocurrió el evento	si

Fuente. Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### Accidentes por año

El análisis de accidentes por año (cuadro 7) permitió ver el comportamiento de los accidentes en cada vialidad.

Cuadro 7. Accidentes de tránsito por año en las vialidades de estudio.

Vialidad	Accidentes 2013- 2015	2013	2014	2015
José María Morelos y Pavón	514	174	228	112
Benito Juárez	241	79	99	63
Sebastián Lerdo de Tejada	356	102	162	92
Miguel Hidalgo y Costilla	312	102	140	70
Venustiano Carranza	299	92	136	71
Independencia	254	78	117	59
José María Pino Suárez	161	47	65	48
Valentín Gómez Farías	223	71	94	58
Ignacio López Rayón	120	42	59	19
Paseo Tollocan	138	38	65	36
Total	2618	825	1165	628

Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### Accidentes por mes

Este análisis permitió analizar en qué mes del año (cuadro 8) ocurrieron más accidentes para que posteriormente se pueda relacionar con factores causantes.

Cuadro 8. Accidentes de tránsito por mes en las vialidades de estudio.

Mes	Accidentes 2013- 2015	2013	2014	2015
Enero	271	65	106	100
Febrero	242	57	97	88
Marzo	283	57	129	97
Abril	199	45	84	70
Mayo	252	59	95	98
Junio	284	82	99	103
Julio	219	54	93	72
Agosto	167	77	90	-
Septiembre	165	82	83	-
Octubre	4	2	2	-
Noviembre	359	163	196	-
Diciembre	173	82	91	-
Total	2618	825	1165	628

Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### Accidentes por tipo de accidente

El análisis por tipo de accidente (Cuadro 9) permitió identificar la frecuencia de cada accidente e identificar la problemática más común en el tránsito de Toluca.

Cuadro 9. Accidentes de tránsito por tipo en las vialidades de estudio.

Mes	Accidentes 2013- 2015	2013	2014	2015
Atropellamiento	82	17	37	28
Caída de bus	11	1	7	3
Colisión	2265	773	1095	397
Colisión contra objeto fijo	12	1	2	9
Colisión de frente	1	1	0	0
Colisión en ángulo recto	24	1	0	23
Colisión lateral	117	2	0	115
Colisión por alcance	27	1	0	26
Golpe fuga	72	27	23	22
Otro	7	1	1	5
Total	2618	825	1165	628

Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

#### 2.1.2.4 ATROPELLAMIENTOS

Una vez que se analizó el comportamiento de los accidentes de tránsito en las vialidades de estudio por año, por mes y por tipo, así como la densidad. Se hizo énfasis en la ocurrencia de

accidentes tipo 'atropellamientos' debido a que esta investigación busca la seguridad peatonal de la Ciudad de Toluca.

En este caso sólo se hizo el análisis por año y la densidad mediante el índice de Kernel y por intersecciones.

### Densidad Índice de Kernel

Con el mismo método del Índice de Kernel se aplicó en la capa vectorial de atropellamientos ocurridos en el periodo 2013-2015 (figura 12). En este caso, con ancho de banda predeterminado y tamaño de celda de 10.8990 (predeterminado)

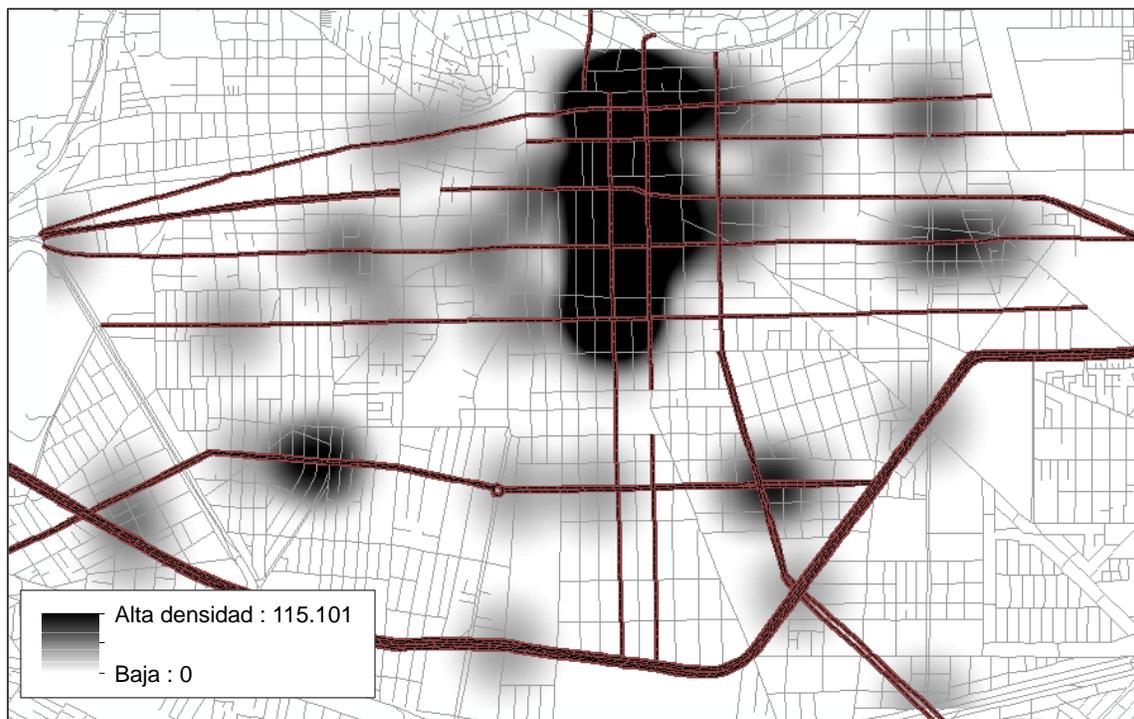


Figura 12. Densidad de atropellamiento del 2013 al 2015 en las vialidades de estudio.  
Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### Densidad por intersección de las vialidades estudio

Por otra parte también, se aplicó el método de densidad por intersecciones. Hernández y De Haro (2014) consideraron las intersecciones de conflicto por atropellamientos a partir de 4 atropellamientos por intersección. En este caso se consideró a partir de 3 debido a que en varias intersecciones ocurrían de 1 o 2 atropellamientos y no eran frecuentes en los tres años.

Se representó a partir de la agrupación de los valores por *Equal interval* en 3 rangos (figura 13), debido que con esta clasificación se pudo agrupar a los atropellamientos de manera constante en cada rango.

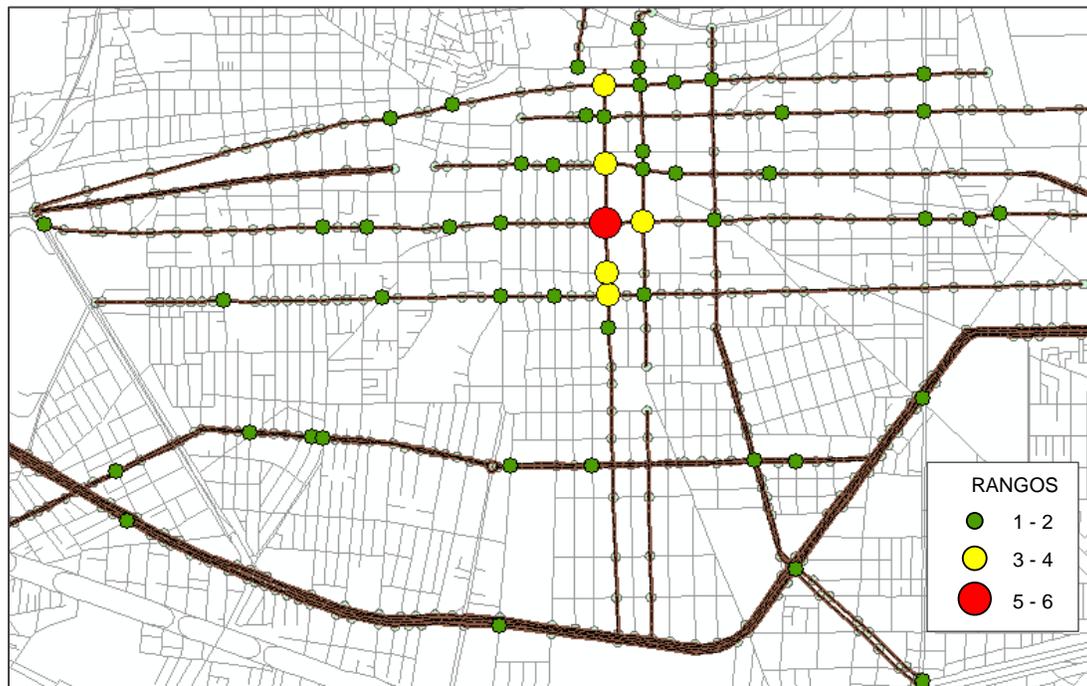


Figura 13. Frecuencia de accidentes por intersecciones.  
 Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### Atropellamientos por año

Se analizó la frecuencia de los atropellamientos por año para identificar la ocurrencia en cada vialidad durante el periodo de estudio (cuadro 10).

Cuadro 10. Atropellamientos por año en las vialidades de estudio.

Vialidad	Atropellamientos 2013- 2015	2013	2014	2015
José María Morelos y Pavón	19	6	6	7
Benito Juárez	14	4	5	5
Sebastián Lerdo de Tejada	9	3	2	4
Miguel Hidalgo y Costilla	8	2	2	4
Venustiano Carranza	9	0	6	3
Independencia	4	0	2	2
José María Pino Suárez	3	0	2	1
Valentín Gómez Farías	5	2	1	2
Ignacio López Rayón	6	0	6	0
Paseo Tollocan	5	0	5	0
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>17</b>	<b>37</b>	<b>28</b>

Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

El cuadro anterior se representó en gráfica e interpretaron los datos comparados con las intersecciones donde se presentan los atropellamientos por año (figura 14).

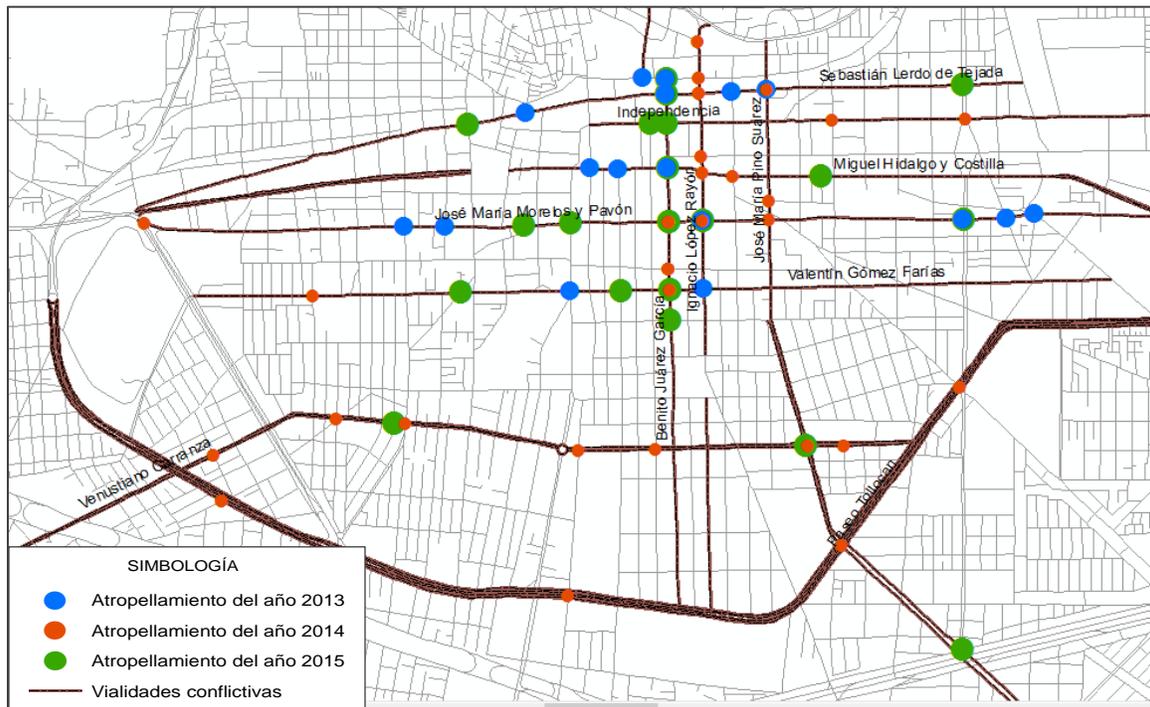


Figura 14. Atropellamientos por intersecciones en cada año del periodo.  
Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

### iii. INTERSECCIONES CRÍTICAS DE ESTUDIO

Con base en lo descrito por la Alcaldía de Barranquilla (2012), los criterios que deben de cumplir las intersecciones críticas son los siguientes:

1. Nivel de accidentalidad de la intersección.
2. Reincidencia de la intersección con niveles de accidentalidad críticas de un año a otro.
3. Nivel de amenaza de las intersecciones representado por el número de atropellos y seguido de la gravedad del accidente.
4. Características de las víctimas que se presentan con mayor frecuencia.
5. Infraestructura del entorno de la intersección

Sin embargo, para la selección de puntos críticos en esta investigación sólo se consideraron el criterio 1, 2, 3. El criterio 4 se omitió porque no se cuenta con la información. Y el criterio 5 se analiza en el siguiente apartado como factores causantes de los accidentes-atropellamientos.

Por lo tanto, se definió para esta investigación como intersecciones críticas como aquellos puntos conflictivos para la seguridad peatonal donde confluyen niveles altos de peligrosidad entre vehículo automotor – vehículo automotor, pero principalmente, vehículo automotor-peatón. Estas intersecciones se seleccionaron a partir de los rangos Alto y Muy alto de la densidad de accidentes por intersección y los rangos Medio y Alto de la densidad de atropellamientos por intersección. Esto debido a que representan mayor amenaza para los peatones. Se analizó la coincidencia entre los rangos de las densidades por intersección y se valoraron 9 intersecciones críticas para la investigación (cuadro 11).

Cuadro 11. Intersecciones de estudio.

#	Intersección Calle y Calle		Total de accidentes 2013-2015	Atropellamientos 2013-2015
1	Benito Juárez García	José María Morelos y Pavón	74	6
2	Benito Juárez García	Instituto Literario	65	4
3	Benito Juárez García	Miguel Hidalgo y Costilla	52	4
4	José María Morelos y Pavón	Ignacio López Rayón	47	4
5	Benito Juárez García	Sebastián Lerdo de Tejada	49	3
6	Benito Juárez García	Valentín Gómez Farías	27	3
7*	Sebastián Lerdo de Tejada	Ignacio López Rayón	53	2
8*	José María Morelos y Pavón	Isidro Fabela	51	2
9*	Sebastián Lerdo de Tejada	Isidro Fabela	58	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015

Los valores de atropellamientos de la intersección crítica 7 y 8 se consideraron a partir de 2 debido a que estas presentan un rango alto de accidentes los cuales incrementan la amenaza a los peatones. En el caso de la intersección 9, ocurrieron 58 accidentes en el periodo y un 1 atropellamiento, lo cual no es una amenaza frecuente para los peatones, sin embargo, debe prestarse atención a esta intersección debido a que ocurrió en el año 2015, indicando que recientemente es una amenaza para los peatones.

Se representó en mapa e interpretaron los datos.

## 2.2 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO: FACTORES ASOCIADOS A LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO (ATROPELLAMIENTOS)

Los factores que intervienen en la accidentalidad peatonal son muy diversos. Considerando a Rodríguez et al. (2014), Instituto MAPFRE (2005), Martínez y Olivares (2012), y Alcaldía

de Barranquilla (2012), aquellos criterios utilizados permiten hacer un diagnóstico para una evaluación más exacta de la zona que causan las lesiones en cada intersección crítica.

Teniendo en cuenta que la finalidad de esta investigación es identificar las paradas de autobús conflictivas para la seguridad peatonal. En este apartado, se seleccionaron los criterios que evalúan las condiciones en las que se ubican los atropellamientos para diagnosticar la situación actual en la que se encuentran las intersecciones críticas. Por lo que, se organizaron de la siguiente manera:

- Usos de suelo
- Análisis de tránsito: volumen peatonal y volumen vehicular
- Infraestructura peatonal
- Señalización: Paradas de autobús público urbano

Esta información se procesó en gabinete.

### 2.2.1 USOS DE SUELO

Se considera que las áreas con usos del suelo urbano: residencial, comercial, servicios e industrial, muestran comportamientos distintos en cuanto a la presencia de accidentes de tránsito. Y, por ende, el transporte obedece a una relación esencialmente económica, es decir, que los patrones de tránsito son determinados por la distribución de los usos del suelo debido a las relaciones que éstas generan con las necesidades de los ciudadanos (Alcaldía de Barranquilla (2012).

Con lo anterior se considera que, dependiendo del tipo de uso del suelo urbano en una ciudad tienen un atractivo para la población y propician la ubicación de intersecciones críticas. Para este análisis, se parte de los datos de USOS DE SUELO 2005-2007 (Hinojosa, 2014), elaborada con base al Plan de Desarrollo Urbano de Toluca, para la visualización de la distribución de los usos de suelo del municipio (figura 15).

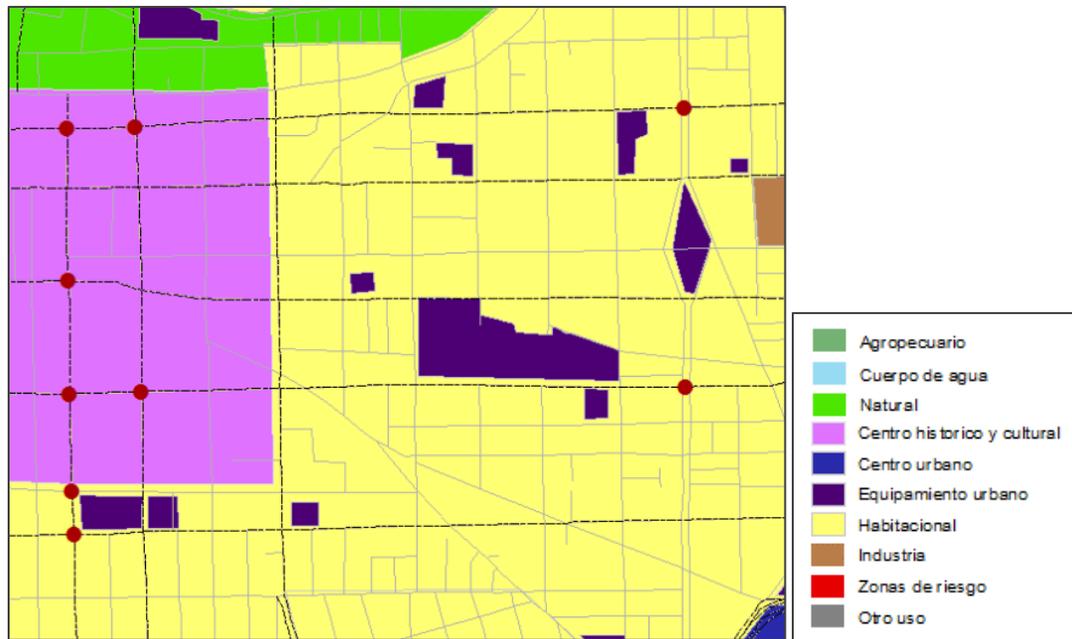


Figura 15. Usos de suelo 2005-2007.

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de Toluca 2005-2007. Citado de Hinojosa, 2014.

Sin embargo, como la información anterior está a gran escala sólo permite observar que las intersecciones críticas se ubican entre los usos de suelo: Centro histórico y cultural, y Habitacional. Debido a que Toluca se ha caracterizado por tener concentraciones de actividad comercial y de servicios (actividades terciarias), y de acuerdo con estudios realizados sobre accidentes de tránsito, entre algunos de ellos; Hernández (2006), Hernández (2012), Hernández y De Haro (2014), coinciden que las actividades terciarias influyen en el incremento de los accidentes de tránsito porque al ser atractivos generan desplazamientos de personas y por ende el uso del transporte. Razón por la que se analizaron las intersecciones críticas a nivel manzana. Primero, haciendo uso de los datos de Diversidad de establecimientos por manzana en el Área Metropolitana, zonas atractivas y generadoras de viaje de Hinojosa (2014), con los que se pudo identificar la densidad de la atracción en la que se localizan las 6 intersecciones.

Posteriormente, fue necesaria la identificación del sector de la actividad por manzana que se encuentra cercano a cada una de las intersecciones críticas para la evaluación de cómo estos pueden incidir en la ocurrencia de accidentes, principalmente de atropellamientos. Para ello, se descargó el DENU (INEGI, 2015) con datos por sector de la actividad terciaria de Toluca.

La información se analizó con base en el "Clasificador para la Codificación de Actividad económica" (cuadro 12).

Cuadro 12. Agrupación de las actividades económicas con base al Clasificador para la Codificación de Actividad Económica.

Agrupación tradicional	Característica general de los sectores	Clave / Sector	
Actividades terciarias	Distribución de bienes	43	Comercio al por mayor
		46	Comercio al por menor
		48- 49	Transportes, correos y almacenamiento
	Servicios empresariales	51	Información en medios masivos
		52	Servicios financieros y de seguros
		53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
	Servicios profesionales	54	Servicios profesionales, científicos y técnicos
		55	Dirección de corporativos y empresas
		56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
	Servicios educativos y de salud	61	Servicios educativos
		62	Servicios de salud y de asistencia social
	Servicios relacionados con la recreación	71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
		72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
	Servicios residuales	81	Otros servicios excepto actividades del gobierno
	Gobierno	93	Actividades del gobierno y de organismos internacionales y extraterritoriales

Fuente: INEGI, 2015

Para la representación se aplicó un *Spatial Join* entre las capas vectoriales: MANZANAS\_T, que son las manzanas del municipio y cada Sector de actividad en formato puntual. La densidad de los establecimientos se graficó en *Equal Interval* en 3 rangos.

Debido a que no hubo datos de "Servicios residuales" se realizaron 6 mapas representativos con base a las características de los sectores, dando como resultados la distribución y aglomeración de las actividades.

### 2.2.2 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

El siguiente paso consiste en evaluar las condiciones del tránsito en la intersección crítica con el fin de determinar si este influye como una de las causas probables para el origen de eventos de accidente (Alcaldía de Barranquilla, 2012).

#### 2.2.2.1 VOLUMEN VEHICULAR (FLUJO VEHICULAR)

Dentro de tránsito es primordial la medición del número de vehículos que circulan en una determinada unidad de tiempo. Estos volúmenes presentan variaciones a lo largo del día, semana y año (Alcaldía de Barranquilla, 2012).

Se retomaron los resultados de flujo vehicular por AGEB del municipio de Toluca elaborado por Hinojosa (2014). Su metodología consistió en la aplicación de un modelo gravitacional para medir la exposición al riesgo por AGEB (Quddus, 2008, citado en Hinojosa, 2014), utilizando el total de carros que circulan en la zona, a través de la ecuación siguiente:

$$TC_i = C_i + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{C_j}{d_{ij}} \quad i \neq j$$

Donde:

$TC_i$  = representa el total de carros que pueden estar transitando dentro de un AGEB  $i$ .

$C_i$  = son los carros registrados por cada AGEB  $i$

$C_j$  = son los carros registrados en el AGEB  $j$

$d_{ij}$  = es el centro de la distancia central entre el AGEB  $i$  y  $j$

$n$  = es el número total de AGEBS.

Con estos datos se evaluó el flujo vehicular (figura 16) en cada intersección crítica. Haciendo comparaciones entre sí como factor que influye en la presencia de accidentes de tránsito.

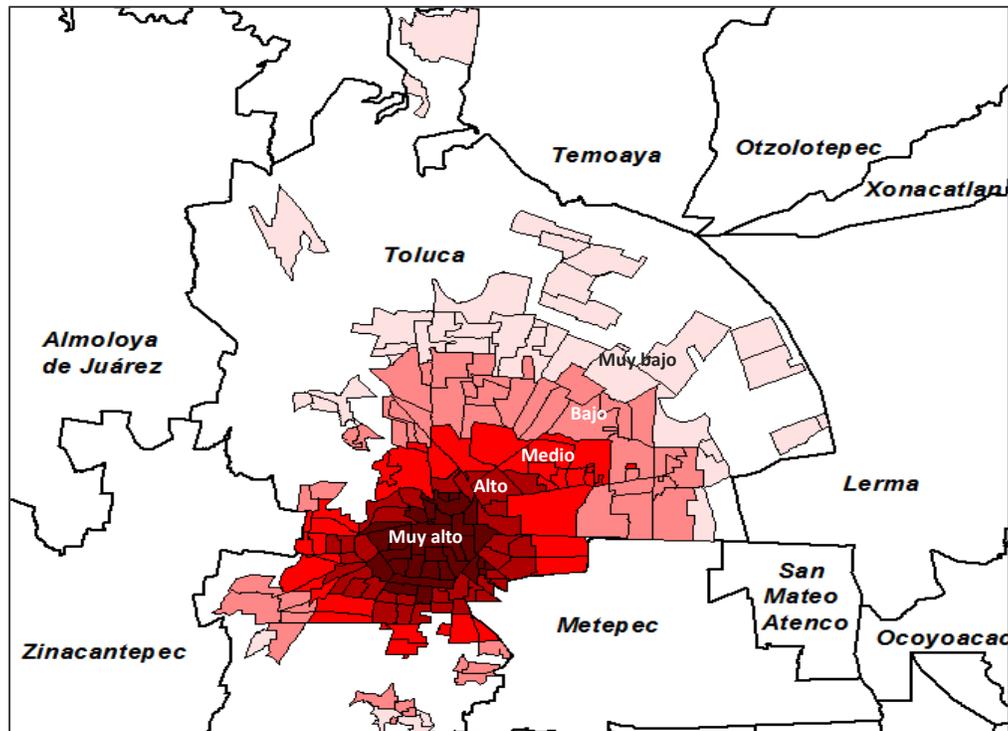


Figura 16. Flujo vehicular por AGEB por año del municipio de Toluca de Lerdo.

Fuente: Hinojosa, 2014

#### 2.2.2.1.1 RUTAS Y REDES DE TRANSPORTE

Retomando las características que describen Molinero y Sánchez (2007: 209-222), de la estructura física de rutas y la estructura física de la red de transporte, éstas son muy importantes en la descripción del flujo de tránsito. Por esa razón, se describió el flujo de las vialidades críticas, principalmente aquellas que pasan por las 9 intersecciones críticas. Se utilizó el análisis de Torres (2007) sobre la demanda de los corredores.

Y como se ha dicho en esta investigación el transporte es una variable que influye en la ocurrencia de accidentes por esa razón también se describieron los derroteros que pasan por la zona de estudio.

El proceso para la identificación de los derroteros que atraviesan las vialidades críticas de esta investigación se realizó de la siguiente manera:

Se utilizaron las capas vectoriales de la REDVIAL (validación topológica de las vialidades del municipio), y la capa DERROTEROS (las rutas por empresa del municipio). Primero, a cada vialidad crítica se le hizo un *buffer* de 10 metros como radio. Después, se aplicó un *clip*,

es decir un corte entre capas, se hizo entre el *buffer* de cada vialidad y la capa DERROTEROS (figura 17).

Se interpretó la información a partir del número de rutas por empresa, la localización de los derroteros y la importancia de la vialidad según el número de rutas.

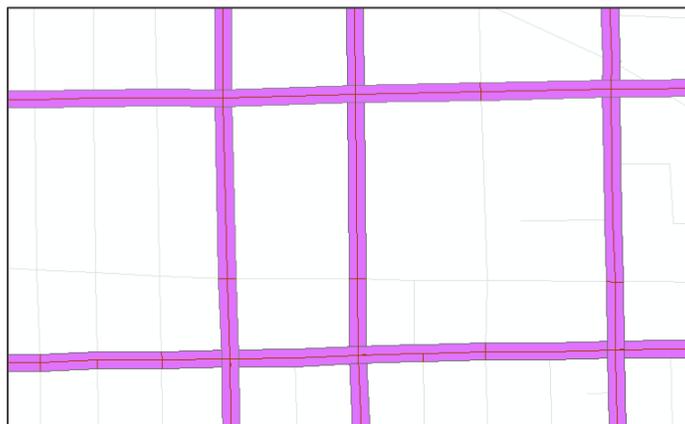


Figura 17. Zoom de derroteros de las vialidades críticas.  
 Fuente: Elaboración propia

Considerando el análisis anterior de los derroteros, éste fue a nivel de vialidad crítica, pero también fue importante conocer cuántos derroteros pasan en las 9 intersecciones críticas. Para ello, se hizo un *buffer* de 20 metros como radio a cada intersección. Con un *clip* se cortaron los derroteros que pasan por la intersección (cuadro 13).

Cuadro 13. Derroteros que pasan por cada intersección crítica.

#	Intersección Calle y Calle		Número de derroteros
1	Benito Juárez García	José María Morelos y Pavón	51
2	Benito Juárez García	Instituto Literario	50
3	Benito Juárez García	Miguel Hidalgo y Costilla	23
4	José María Morelos y Pavón	Ignacio López Rayón	40
5	Benito Juárez García	Sebastián Lerdo de Tejada	63
6	Benito Juárez García	Valentín Gómez Farías	43
7*	Sebastián Lerdo de Tejada	Ignacio López Rayón	61
8*	José María Morelos y Pavón	Isidro Fabela	83
9*	Sebastián Lerdo de Tejada	Isidro Fabela	104

Fuente. Elaboración propia

### 2.2.2.2 VOLUMEN PEATONAL (MOVILIDAD)

Este apartado corresponde al número de peatones que transitan en una unidad de tiempo, la cual está variando a lo largo del día, semana o año. Se constituye una variable muy importante

a tener en cuenta, en particular cuando se pretende implementar políticas de recuperación de espacio público otorgándole preferencia al peatón o aquellos proyectos donde pueda evidenciarse el riesgo que este pueda tener (Alcaldía de Barranquilla, 2012). Los modelos de interacción espacial establecen el funcionamiento de los asentamientos humanos, utilizando datos de intercambio de mercancías, servicios o información, así como de la movilidad de las personas (Sánchez, 2016).

En vista de que es necesario realizar aforos para la medición del flujo peatonal y técnicamente se carecía de los instrumentos para realizarlos. Se utilizaron los datos de flujo peatonal de Garrocho y Flores (2009) y Flores (2013) para describir la dinámica de los desplazamientos de población hacia la Zona Centro de Toluca.

Se retomaron los resultados del flujo peatonal y se comparó con la ubicación de las intersecciones críticas. Garrocho y Flores (2009) delimitaron como Centro Tradicional De Comercio y Servicios, pero también se conoce como Centro Tradicional de Negocios (CTN)<sup>2</sup> (Flores, 2013: 76- 78), el cual se delimitó a partir de la concentración de usos de suelo comerciales, de oficinas administrativas, sitios turísticos y plazas cívicas o con valor cívico con una extensión de 261.6 hectáreas con alrededor de 150 manzanas. Con aproximadamente una densidad bruta de 23 unidades por hectárea, el límite fue propuesto para la medición del flujo peatonal (figura 18).

---

<sup>2</sup> Flores (2013: 40) define que el Centro Tradicional de Negocios (CTN) “es una región dentro de la ciudad que tiene mayor accesibilidad y atraktividad para la localización de actividades, por lo que se aglomeran una gran variedad de funciones (multifuncionalidad) que le generan la mayor centralidad económica, histórica e institucional de toda la ciudad”.

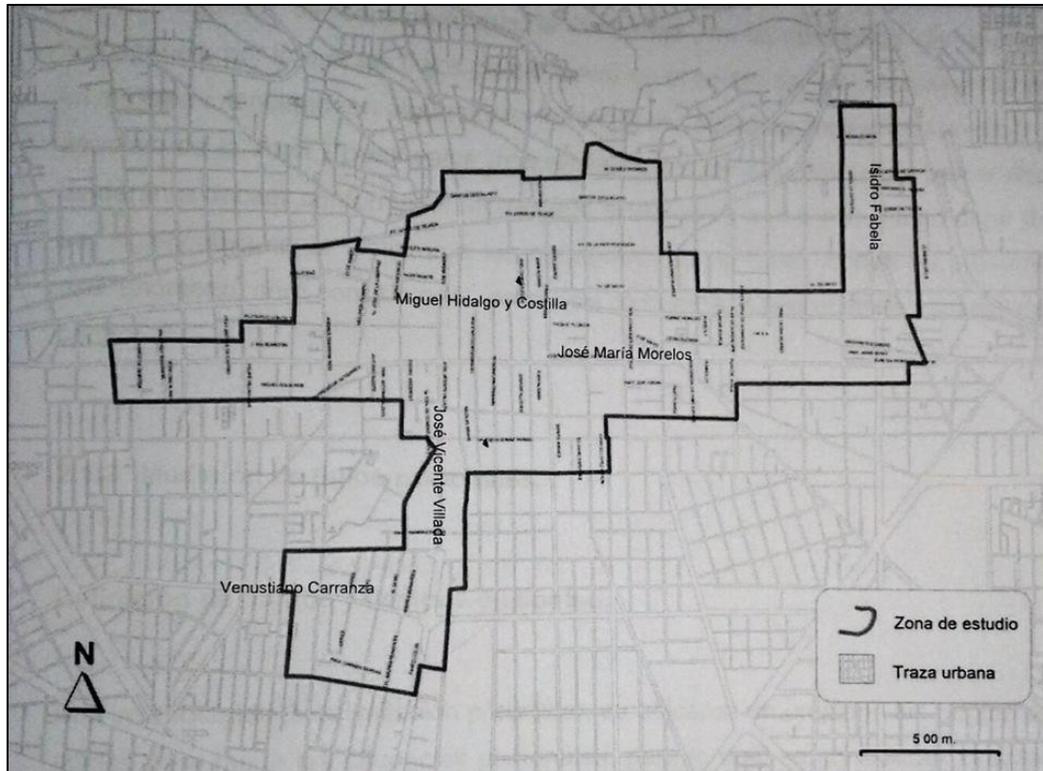


Figura 18. Delimitación de área preliminar para la medición de flujos peatonales.

Fuente: Flores, 2013: 78

### 2.2.3 INFRAESTRUCTURA PEATONAL

La infraestructura peatonal es el conjunto de diferentes elementos que se disponen en el espacio público, para que los peatones tengan prioridad, en tiempo y en espacio sobre el tráfico vehicular. Estas estructuras van desde simples señales, corredores o aceras peatonales que permitan el adecuado recorrido, hasta pasos a desnivel que permitan asegurar el recorrido de los transeúntes. El análisis debe establecer la facilidad del cambio de modo, de su seguridad y funcionalidad. Las facilidades peatonales determinan la amenaza sobre el peatón, quien por su vulnerabilidad puede implicarse en acciones de alto riesgo (Alcaldía de Barranquilla, 2012).

De acuerdo con el Instituto MAFRE, (2005: 9) la vía, sus peculiaridades de uso y características juegan un papel fundamental en la configuración de situaciones de riesgo en zonas urbanas. La mayor parte de los accidentes que tienen como resultado las muertes del peatón están causados por errores humanos, ya sea infracciones o distracciones de conductor o del peatón. No obstante, en algunos casos, los accidentes de tráfico están directamente

relacionados con un diseño viario deficiente. Para la reducción de la accidentalidad peatonal se debe actuar, por tanto, a través de nuevos instrumentos de educación vial, mecanismos para forzar el cumplimiento de las normas de tráfico, así como herramientas de ingeniería civil y diseño urbano.

Por esta razón, las variables para el análisis de la infraestructura peatonal basada en Martínez y Olivares (2012), Rodríguez et al. (2014) y del Instituto MAFRE, (2005), se utilizaron como elementos de análisis en el entorno a las intersecciones críticas (cuadro 14):

Cuadro 14. Variables de infraestructura peatonal.

Variable	Descripción
Características de la vía	Anchura de la vía (carriles)
	Existencia de refugios centrales en las vías
	Anchura de las aceras
	Rampas para peatones con capacidades diferentes
	Presencia de semáforos
Elementos de seguridad vial	Barreras de protección peatonal
	Demarcación de cruce peatonal
	Señalamiento de cruce peatonal
	Señalamiento de límite de velocidad
Otros elementos	Proximidad de accesos a servicios
	Presencia de paradas de autobús (espacio para ascenso y descenso de pasajeros)
	Obstrucciones para el peatón
Mantenimiento de la infraestructura	Señalamientos ubicados enfrente del cruce peatonal
	Falta de mantenimiento de las vías (baches, abultamientos, hundimientos, mal drenaje)
	Señalamientos desgastados

Fuente. Elaboración propia

Lo anterior se evaluó en gabinete utilizando imágenes obtenidas de Google Earth (2016). A partir, de recorridos virtuales por cada esquina de las intersecciones críticas se tomaron imágenes, lo que permitió la visualización de las condiciones del contexto (infraestructura peatonal) para el peatón.

Se identificó cada elemento (figura 19), e interpretó la información obtenida con las problemáticas que cada intersección presenta.



Figura 19. Elementos de la infraestructura peatonal. Ejemplo: esquina 1 y 2 de Intersección 6.  
Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de Google Earth, 2016

#### 2.2.4 SEÑALIZACIÓN: PARADAS DE AUTOBÚS PÚBLICO URBANO

La señalización informa al usuario nacional y extranjero todo lo relacionado a la geometría de la vía, de los peligros que puede encontrar, donde debe reducir la velocidad, hacia dónde puede girar, a qué límite de velocidad debe girar, qué sitios debe respetar (Ramírez y Rivera, 2010), sin embargo, estas características se describen en el apartado 2.2.3. En este apartado, se evaluaron sólo los señalamientos que implican en transporte urbano de pasajeros. Especialmente, el señalamiento que indica la presencia de una parada en un área urbana o ruta de transporte determinada para guiar a los usuarios.

Teniendo en cuenta que en esta investigación las paradas de autobús son una variable complementaria y objeto del estudio, son de suma importancia para mantener una seguridad peatonal adecuada. Por lo que los señalamientos (Alcaldía de Barranquilla, 2012) deben de:

- ser legibles y a distancia suficiente tanto de día como de noche,
- estar en buen estado,
- ser respetada por los usuarios del sistema de movilidad,
- ser coherente y pertinente la cantidad de las mismas: la cantidad no necesariamente implica calidad.

##### 2.2.4.1 INVENTARIO DE PARADAS DE AUTOBÚS

Para realizar esta actividad fue necesario contar con un inventario de los puntos de ascenso y descenso. Se retomó de la Etapa 1 y 2 de De Sousa (2012: 26) en donde la obtención de los datos comprende recorridos en el sector de estudio con la finalidad de conocer la ubicación de las paradas. Sin embargo, no se siguió la metodología de recopilación de información debido a que ya se contaba con las bases de datos.

El proceso para la obtención de un inventario de paradas de autobús completo consistió en identificar los puntos de ascenso y descenso de las vialidades conflictivas. Para ello, se utilizó la capa vectorial PARADAS DE AUTOBÚS (Torres, 2007) que fue capturada a través de una encuesta origen-destino en todas las vialidades del municipio de Toluca permitiendo la identificación de las zonas con mayor aglomeración de personas.

Después, a cada vialidad conflictiva se le hizo un *buffer* de 25 metros de radio, y se aplicó un *intersect*, es decir un corte de capas entre una sobre la otra, se hizo entre el *buffer* y la capa de PARADAS DE AUTOBÚS. Con esto, se obtuvieron los puntos de ascenso y descenso generalizados a lo largo que toda la vialidad y las intersecciones donde coinciden. Por esta razón, fue necesario verificar los puntos utilizando la capa vectorial PARADA\_BUS (Torres, 2007), la cual tiene por separado los atributos de cada punto de ascenso y descenso. Se verificó con el atributo "VIA\_TRANS", y se eliminaron los casos donde el punto de ascenso y descenso no coincidieron con la vialidad conflictiva (figura 20).

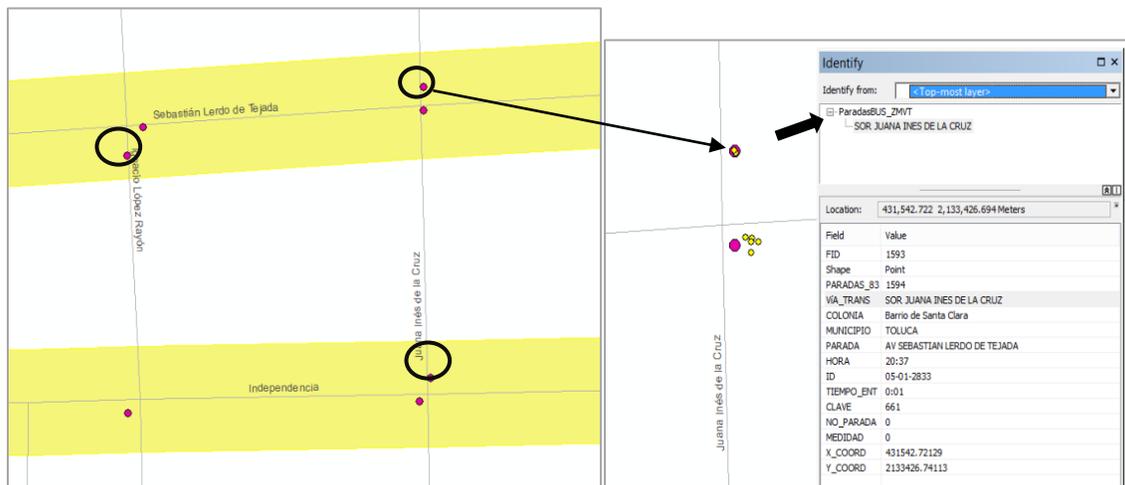


Figura 20. Verificación de puntos de ascenso y descenso en las vialidades de estudio.  
Fuente: elaboración propia con datos de Torres, 2007

Una vez localizados los puntos de ascenso y descenso por cada vialidad del año 2007 se hicieron recorridos para la verificación y actualización con ayuda de imágenes 2016 de Google Earth (figura 21). Al mismo tiempo con esta misma herramienta se logró clasificar los puntos de ascenso y descenso en: paradas oficiales e informales. Las paradas oficiales se determinaron a partir del símbolo oficial SIS-19 (figura 4) del manual de tránsito; dejando al resto como las paradas "informales", es decir, aquellas donde no hay señalamiento que establezca que está permitido realizar ascenso o descensos.



Figura 21. Verificación y actualización con ayuda de imágenes 2016 de Google Earth.

Fuente: Google Earth, 2016

Debido a que la verificación consistía en eliminar los puntos que no correspondían a las vialidades críticas. En algunos casos se agregaron puntos de paradas formales debido a la actualización (cuadro 15).

Cuadro 15. Verificación de puntos de ascenso y descenso de pasajeros.

Vialidad	Puntos de ascenso y descenso	Verificación	Diferencia	Paradas Oficiales digitalizadas por ausencia
José María Morelos y Pavón	32	27	-5	5
Benito Juárez	21	20	-1	2
Sebastián Lerdo de Tejada	28	31	+3	4
Miguel Hidalgo y Costilla	22	17	-5	0
Venustiano Carranza	38	35	-3	3
Independencia	25	25	-	5
José María Pino Suárez	51	43	-8	3
Valentín Gómez Farías	28	25	-3	0
Ignacio López Rayón	20	14	-6	3
Paseo Tollocan	124	115	-8	17

Fuente. Elaboración propia

Con lo anterior se obtuvo un inventario actualizado de paradas de autobús oficiales e informales.

#### 2.2.4.2 COBERTURA URBANA DEL TRANSPORTE: PARADAS DE AUTOBÚS

El modelo de cobertura de Molinero y Sánchez (1997) “se define como el área servida por el sistema de transporte público siendo su unidad de medida el tiempo o distancia recorrida a pie y que resulta aceptable caminar”. Considerando como cuenca primaria a la distancia que puede ser recorrida a pie en 5 minutos ( $\pm 400$  m) de cualquier estación o parada. La cuenca secundaria a aquello que se encuentra entre 5 a 10 minutos. Sin embargo, en caso de paradas previamente establecidas se utiliza el radio de cobertura primaria de 300 m (figura 22).

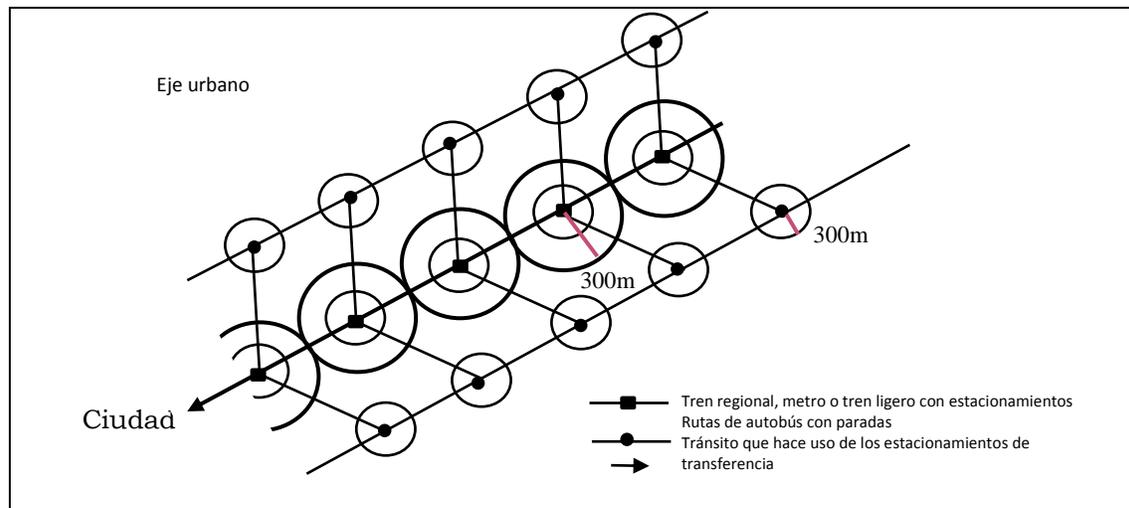


Figura 22. Cobertura primaria urbana.  
Fuente: Molinero y Sánchez, 1997: 225

Bajo este modelo se evaluó la distancia existente entre las paradas de autobús de las vialidades críticas, a través del área de influencia (*buffer*) de 300m.

Después se comparó con las paradas informales que se realizan. Considerando las siguientes premisas:

- Se puede esperar que la mayoría de los usuarios potenciales que se encuentran a una distancia de 5 minutos de una parada hagan uso del servicio transporte, si es que este es de una calidad satisfactoria.

- Más allá del radio de cinco minutos, el porcentaje de usuario que utilizan el transporte público decae rápidamente debido a las molestias que causa caminar una mayor distancia.
- La distancia se ve incrementada dependiendo del medio de transporte que vaya a abordar

Por lo que, el análisis comprende el comportamiento de la ubicación de las paradas de autobús oficiales mostrados en mapas.

## 2.3 PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS

Como no se tiene en específico el causante de los accidentes de tránsito ocurridos en el periodo de esta investigación, y lo que se pretendía era encontrar que los puntos críticos de accidentalidad están relacionados con las paradas de autobús. Lo único que se pudo hacer con la información disponible fue un análisis con base a un supuesto. Este considera que, si una parada de autobús se localiza próxima a una intersección crítica y la ubicación no es adecuada ni visible para los usuarios está se vuelve insegura para los peatones porque ni los conductores ni usuarios respetan su ubicación, generando otras paradas no adecuadas.

Tal como mencionan Pérez-Núñez et al. (2014:915), en nuestro país se ha documentado la invasión de espacios peatonales por vehículos de motor. Los automovilistas y el transporte público se detienen en lugares no permitidos y no respetan las señales de tránsito. O bien, tal como explican Martínez y Olivares (2012: 25) si la señalización está en mal estado o no existe, solo la pericia del conductor evitará algún percance. En varias partes esta señalización está puesta donde no se debe, o no cumple con las normas y su visibilidad es nula, siendo un factor de riesgo para ocasionar accidentes

Con este supuesto, se retomó un modelo para explicar la relación que existe entre estas dos variables importantes para la seguridad vial de Toluca.

### 2.3.1 RELACIÓN ENTRE PARADAS DE AUTOBÚS Y ATROPELLAMIENTOS

Retomando el análisis de proximidad lineal mediante el uso de áreas búfer de Reséndiz (2005). El cual, se adaptó para relacionar las paradas de autobús oficiales con las intersecciones críticas. Se generaron franjas equidistantes a partir de cada parada de autobús

utilizando intervalos de distancia de 50 metros hasta el intervalo de 300 metros como la distancia que un peatón está dispuesto a recorrer sin utilizar transporte público (figura 23).

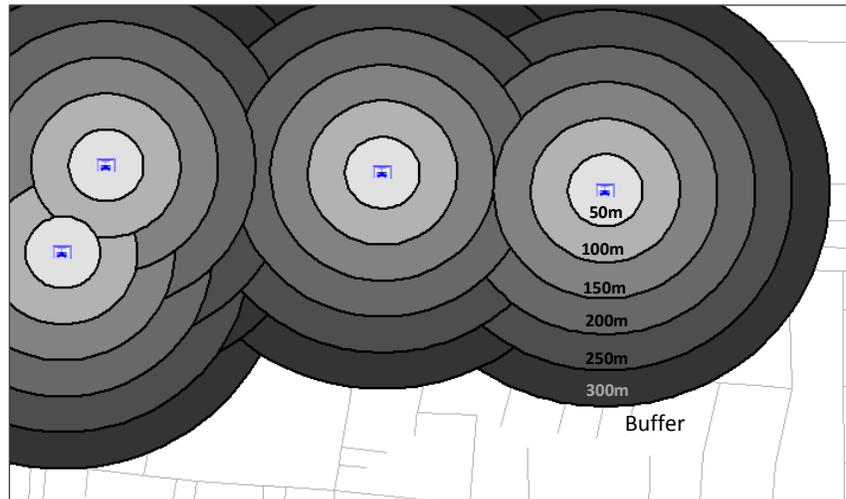


Figura 23. Franjas equidistantes de las paradas de autobús oficiales.

Fuente: Elaboración propia con base en Reséndiz, 2005

Así mismo, se identificaron las problemáticas a partir de los tres supuestos que propone (adaptados). Sin embargo, como en este caso sólo se evaluaron 9 intersecciones críticas se hizo un área de influencia a partir de la intersección de 300 m (lo que es aceptable caminar) para cuantificar las paradas de autobús oficiales más cercanas a estas intersecciones (figura 24). Con base en lo anterior, se evaluó lo siguiente:

- a. Paradas de autobús oficiales con intersecciones críticas próximas (a menos de 300 metros)
- b. Paradas de autobús oficiales sin intersecciones críticas próximas
- c. Intersecciones críticas sin paradas de autobús oficiales

También se evaluaron las paradas informales considerando las premisas (figura 25):

- a. Paradas de autobús informales con intersecciones críticas próximas (a menos de 300 metros)
- b. Paradas de autobús informales sin intersecciones críticas próximas
- c. Intersecciones críticas sin paradas de autobús informales

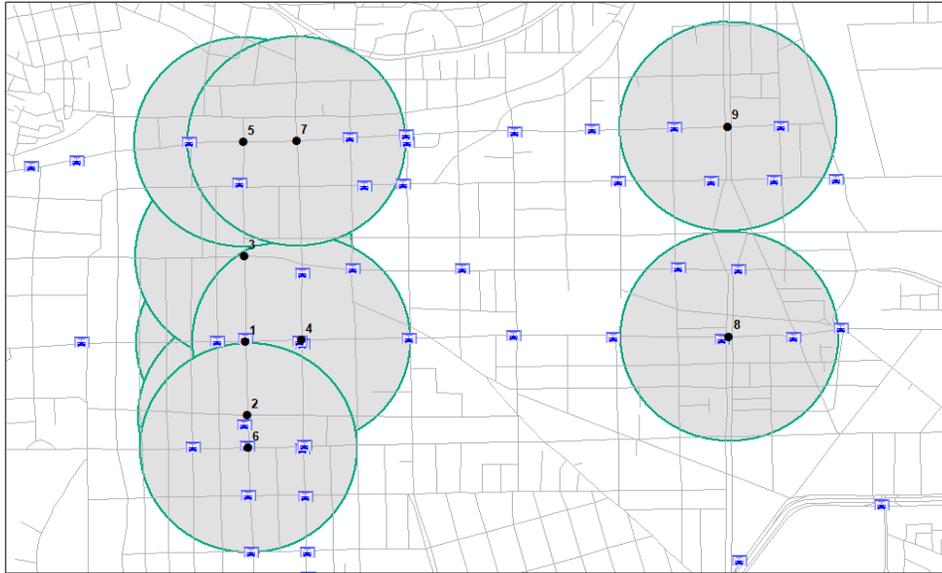


Figura 24. Área de influencia de 300 m de las intersecciones críticas: Paradas de autobús oficiales.  
Fuente: Elaboración propia

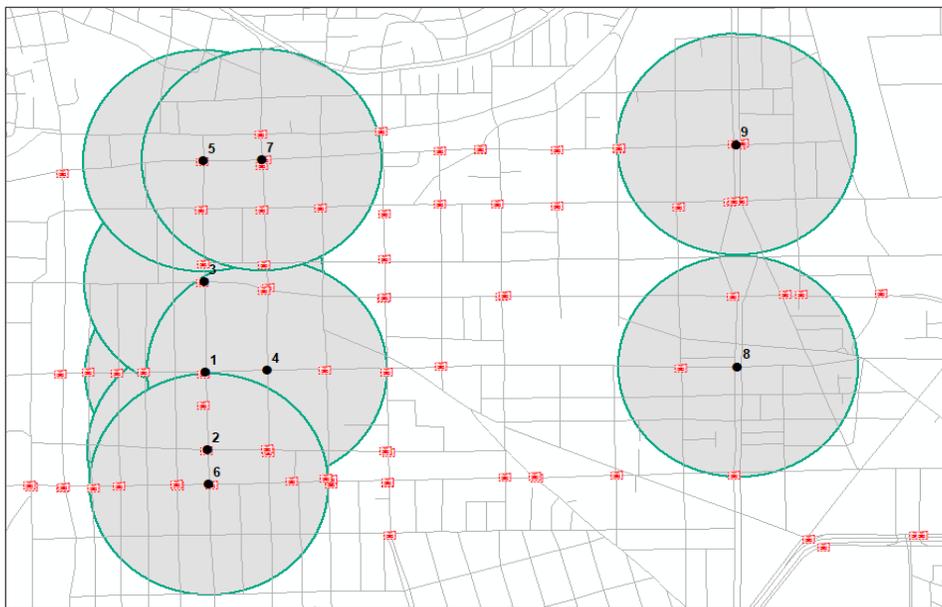


Figura 25. Área de influencia de 300 m de las intersecciones críticas: Paradas de autobús informales.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.1 ESPACIAMIENTO DE LAS PARADAS DE AUTOBÚS

De igual forma, se evaluaron las paradas de autobús oficiales próximas a las intersecciones críticas con base a Molinero y Sánchez (1997). Los autores mencionan que, en zonas urbanas es recomendable guardar una distancia prudencial respecto a la otra de entre 300 a 500

metros. Esta distancia reduce el número total de paradas en la ruta, con lo consecuente, ahorros en tiempo de recorrido y el tiempo de a bordo de la unidad por parte del usuario.

Utilizando los rangos equidistantes se evaluó la distancia entre paradas de autobús oficiales - paradas de autobús oficiales, y paradas de autobús oficiales - paradas de autobús informales.

### 2.3.2. CONFLICTOS

Para entender el contexto de las paradas, se hizo un análisis tipo conclusión en el que se evalúan por intersección crítica a las paradas de autobús que causan conflicto y su contexto descrito por los factores: uso de suelo, el flujo vehicular, el flujo peatonal, e infraestructura peatonal.

## 2.4 VERIFICACIÓN DE PARADAS CONFLICTIVAS

Ya con los resultados de los diagnósticos realizados, se procedió a verificar las paradas de autobús conflictivas a través de recorridos presenciales en las vialidades de estudio. En la verificación se evalúa la razón por la que son paradas de autobús conflictivas que afectan la seguridad peatonal. Para lo cual, se dividió en:

- ❖ Formato de evaluación de las condiciones de ubicación de paradas de autobús conflictivas
- ❖ Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas

### 2.4.1 EVALUACIÓN DE UBICACIÓN DE PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS

De los trabajos elaborados por Rodríguez et al. (2014), Instituto MAPFRE (2005), Martínez y Olivares (2012), y Alcaldía de Barranquilla (2012) se retomaron aquellos criterios que permiten la evaluación de la condición física de la ubicación de las paradas de autobús que favorecen la accidentalidad de atropellamientos (figura 26). Los aspectos son:

- Señalamientos de paradas de autobús
  - Contexto de la ubicación
  - Infraestructura peatonal: Obstrucciones
- Entorno de la intersección crítica:
  - Análisis operacional
  - SemafORIZACIÓN

- Velocidad

Instrucciones: El observador debe estar al lado de los paraderos de sin estorbar a los peatones que cruzan o a los pasajeros que ascienden y descienden del autobús urbano.

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE UBICACIÓN DE PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS</b>			
<b>Número de formato:</b>	Fecha:	Nombre de la parada:	Oficial <input type="radio"/> Informal <input type="radio"/>
<b>Calles de referencia:</b>			
<b>Sentido:</b>	Características:		
<b>-Señalamientos de paradas de autobús-</b>			
<b>Contexto de la ubicación</b>			
<b>Estado del señalamiento:</b>	Cercanía a:		Especificar que hay:
<input type="radio"/> <b>Bueno (se distingue)</b>	<input type="radio"/> Zonas escolares	<input type="radio"/> Espacios recreativos	
<input type="radio"/> <b>Malo (no se distingue)</b>	<input type="radio"/> Espacios gubernamentales	<input type="radio"/> Zona residencial	
<input type="radio"/> <b>No aplica (no hay señalamiento)</b>	<input type="radio"/> Comercio al por menor	<input type="radio"/> Otro.	
<b>Infraestructura peatonal: Obstrucciones</b>			
<input type="radio"/> <b>Árbol</b>	<input type="radio"/> Puestos ambulantes	<input type="radio"/> Casetas telefónicas	<input type="radio"/> Anuncios
<input type="radio"/> <b>Vehículos estacionados indebidamente</b>	Tiempo de espera (describir)	<input type="radio"/> Jardineras	<input type="radio"/> Invasión del espacio por otros usuarios
<input type="radio"/> <b>Autobuses en espera intencional</b>		<input type="radio"/> Postes de luz	<input type="radio"/> Otro.
<b>-Entorno de la intersección crítica-</b>			
<b>Análisis operacional (Vehículo -peatón)</b>			
<b>Cruce:</b>	condiciones	Giros del vehículo (depende del sentido)	Comportamiento del peatón
<input type="radio"/> <b>Controlado</b>	Visible	<input type="radio"/> Se espera	<input type="radio"/> No se cruza adecuadamente en la demarcación de cruce peatonal
	Casi no se distingue	<input type="radio"/> Pone direccionales	<input type="radio"/> Se cruza en la demarcación de cruce peatonal
<input type="radio"/> <b>No controlado</b>	No se marca	<input type="radio"/> Se cruza sin señalarlo	<input type="radio"/> En su caso: se espera para permitirle el paso al vehículo
	Es inapropiado	<input type="radio"/> Otro.	<input type="radio"/> Otro.
<b>Semaforización</b>			
<b>Aceptable</b>	Tiempo de al menos de seis a ocho segundos sin movimientos vehiculares que permiten el paso del peatón		
<b>Insuficiente</b>	Tiempos de al menos de seis segundos de movimientos vehiculares que no permiten el paso seguro del peatón		
<b>No aplica</b>	No existen semáforos		
<b>Velocidad permitida:</b>			
65 Km/h	50 Km/h	30 Km/h	Otra.
Observaciones:			

Figura 26. Formato de inspección de paradas de autobús conflictivas.

Fuente: Elaboración propia con base en criterios de Rodríguez et al., 2014; Instituto MAPFRE, 2005; Martínez y Olivares, 2012; Alcaldía de Barranquilla, 2012; y De Sousa, 2012

### 2.4.1.1 APLICACIÓN DEL FORMATO DE EVALUACIÓN

Este formato se aplicó inicialmente en las 17 paradas de autobús conflictivas de las nueve intersecciones críticas. Con ayuda de cartografía impresa (anexo 3) la verificación consistió en un recorrido por todas las paradas conflictivas, aplicando un formato por parada conflictiva.

Para ello, en cada parada conflictiva se hacía una observación de 5 minutos para después llenar el formato, aproximadamente el tiempo por formato era de 15 minutos. Sin embargo, llenar los formatos se observó que se realizaban más paradas informales y debido a que éstas eran constantes en el tiempo que se tomó la decisión de evaluarlas. Además, se capturaron fotografías de la infraestructura y señalización entorno a las intersecciones (anexo 4).

Al final se obtuvo la aplicación de este formato en 23 puntos de paradas de autobús público urbano (oficiales e informales) que se ubican cercanas entorno a las intersecciones críticas (cuadro 16).

Cuadro 16. Distribución de los formatos de evaluación.

Intersección crítica	Puntos de paradas de autobús (Oficial o Informal)	Tipo
IC1	3	Oficial, Informal, Informal
IC2	3	Oficial, Informal, Informal
IC3	2	Informal, Informal
IC4	2	Oficial, Oficial
IC5	2	Informal, Informal
IC6	3	Oficial, Informal, Informal
IC7	2	Informal, Informal
IC8	3	Oficial, Informal, Informal
IC9	3	Oficial, Informal, Informal

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que existen más paradas informales, tal es el caso de la IC 1, 2, 6, 8 y 9, en las que oficialmente hay una parada y se generan dos informales. O bien, en la IC 3, 5 y 7, que sólo hacen paradas informales. En contraste a la IC 4, que ofrece dos paradas oficiales y los usuarios las usan y respetan.

## 2.4.2 ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS

### 2.4.2.1 MUESTRA

La muestra para la aplicación de la 'Encuesta de percepción de las paradas conflictivas' se realizó con base en el desconocimiento del número exacto de la población. Esto debido a que, por la ubicación de las intersecciones su atracción es de población proveniente de varios municipios. Por esta razón se consideró el tamaño de muestra con población infinita (Vargas, 2008: 44). La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

Donde:

Z= Nivel de confianza

p= probabilidad de éxito

q= probabilidad de fracaso (1-p)

E= error estándar permitido

Como resultado se obtuvo:

$$n = 384.16$$

$$n = 384 \text{ encuestas}$$

Sin embargo, por cuestiones de accesibilidad y disponibilidad de tiempo del peatón para aplicar la encuesta equiparado con el tamaño de la muestra se consideró pertinente la aplicación de un total de 60 encuestas las cuales fueran levantadas en 5 días, todas ellas en entorno a las paradas de autobús oficiales e informales de cada intersección crítica, ya que el encuestador no contó con la disponibilidad de tiempo para realizar el total de encuestas que requería la muestra. Además, el encuestador al revisar las respuestas obtenidas en las primeras 20 encuestas notó que éstas se repetían constantemente y concluyó que existía una tendencia en las mismas.

### 2.4.2.2 PRUEBA PILOTO

Una vez teniendo la muestra se procedió a aplicar una prueba piloto en dos formatos: con respuestas cerradas (anexo 2.1) y respuestas abiertas (anexo 2.2). Esta prueba según Hernández et al. (2006) consiste en someter el instrumento de medición, las condiciones de

aplicación y los procedimientos involucrados. Si el procedimiento de aplicación funciona de forma adecuada, se evalúan los resultados para calcular la confiabilidad inicial y, de ser posible, la validez del instrumento de medición.

En campo se aplicó la prueba piloto con 10 pares de encuestas, siendo un total de 20 encuestas. Para la ubicación se optó por llevar el material de campo (anexo 3). De modo que, los pares se distribuyeron de la siguiente manera (cuadro 17):

Cuadro 17. Distribución de la aplicación de la prueba piloto de encuesta de percepción.

Intersección crítica	Encuestas con respuestas cerradas	Encuestas con respuestas abiertas
IC1	2	2
IC2	1	1
IC3	1	1
IC4	1	1
IC5	1	1
IC6	1	1
IC7	1	1
IC8	1	1
IC9	1	1

Fuente: Elaboración propia

Con la aplicación se apreció que es más fácil la aplicación de respuestas cerradas, sin embargo, con la prueba de respuestas abiertas se obtuvo información que no fue considerada en la anterior. Por lo que con esta nueva información se modificaron las respuestas del formato final de la encuesta (figura 27).

Instrucciones: El encuestador debe estar al lado del señalamiento de la parada de autobús sin estorbar a los peatones que cruzan o a los pasajeros que ascienden y descienden del autobús urbano.						
		<b>ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE USUARIOS SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS</b>				
Vialidad en la que se realizó la encuesta:						
Parada de autobús:						
Intersección de referencia:						
Fecha:	Hora:		Edad:	H	M	
¿De dónde viene?			¿A dónde va?			
Lugar de residencia:						
¿Frecuenta esta parada de autobús?	•Si	•No	¿La parada es de destino o trasbordo?	•Destino	•Trasbordo	
Motivo de viaje:	•Trabajo	•Estudio	•Compras	•Ocio	•Otro:	
¿Cuánto tiempo le toma llegar a su destino?	•> ó = de 15 min	•30 min	•1 hora	•< de 1 hora	•Otro:	

¿Cómo sabe que esta parada de autobús es oficial?	•Por el señalamiento	•Porque hacen parada aquí	•Por el semáforo	•No lo sé	•Otro:	
¿Considera que es seguro el paso peatonal para llegar a la parada?			•Si	•Poco	•No	
¿Respeto el tiempo del semáforo peatonal para cruzar?	•Si	•No	¿Se siente seguro al cruzar la calle?		•Si	•No
¿De qué forma prefiere cruzar la calle para llegar a la parada?	•En el cruce peatonal	•A mitad de calle	•Entre los vehículos	•Otra:		
¿En qué momento cruza para poder llegar a la parada?	•En semáforo rojo	• Cuando no pasa ningún vehículo	• Cuando hay policías	• Cuando ceden el paso	•Otro:	
¿Considera que los señalamientos viales para la seguridad del peatón son suficientes?					•Si	•No
Ordene de mayor a menor los conductores más imprudentes en esta intersección:	¿cuáles?					
Automóviles particulares	¿Qué medidas recomienda para mejorar su seguridad?					
Autobús						
Taxis						
Ciclistas						
Motociclistas						
Otros	•Policías de tránsito	•Pintar las marcas de cruce o banquetas	•Poner señalamientos nuevos (visibles)		•Otro:	
¿Sabe que existe un reglamento de tránsito?					•Si	•No
¿Lo ha leído?				•Si	•Un poco	•No
¿Quién debería leer el reglamento de tránsito?	•Todos	•Peatón	•Conductores de vehículos automotor		•Otro:	
¿Considera que se enseñe desde niños el funcionamiento del tránsito vial para mejor seguridad peatonal y vehicular?			•Si	•No		
Observaciones:						

Figura 27. Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas.  
Fuente: Elaboración propia con base a Encuesta Origen-Destino de Cruz y González, 2015; Alcaldía de Barranquilla, 2012.

### 2.4.2.3 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA DE PERCEPCIÓN

Con una percepción y observación previa del tipo de usuario, el tiempo del usuario en torno a las paradas y el entorno de las mismas, se aplicó el formato final de la ‘Encuesta de percepción’. Los formatos se aplicaron durante cinco días desde las 9:00 am a 3:00 pm en un recorrido por cercanía entre intersecciones críticas, es decir, se partió desde la intersección 7, a la 5, 3, 1, 2, 6, 4, 8 y 9. Se utilizó cartografía de campo (anexo 3), la cual sirvió de guía para que el encuestador pudiera ubicar las paradas de autobús conflictivas en cada intersección crítica.

La aplicación de las encuestas consistió en que el encuestador se colocaba en las paradas de autobús, sin obstruir a los peatones. Esto permitió encuestar a la población que hacía paradas para ascender a la unidad de transporte o bien a las que descendían de las unidades de transporte. De esta manera se obtuvo la información que se necesitaba recopilar sobre la percepción del peatón. No obstante, al momento de la aplicación se respetaba el tiempo que el peatón dedicaba al responder debido a que esperaban que pasara su autobús (de destino o transbordo) o bien tenían que llegar a algún sitio. Por lo que cuando se interrumpía la encuesta se iniciaba con otro peatón.

Al final, tal como se muestra en el cuadro 18, las 60 encuestas se distribuyeron en las paradas de autobús (oficiales e informales) de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia de atropellamientos de las intersecciones críticas.

Cuadro 18. Distribución de la aplicación de la encuesta de percepción.

Intersección crítica	Encuestas con respuestas cerradas elaboradas
IC1	12
IC2	8
IC3	8
IC4	8
IC5	6
IC6	6
IC7	4
IC8	4
IC9	4

Fuente: Elaboración propia

Una vez con los formatos respondidos se realizó una conclusión general de los conflictos en los que se incluyen los resultados de este apartado para un análisis completo de las paradas de autobús conflictivas en las intersecciones críticas.

El siguiente capítulo muestra los resultados del procedimiento antes mencionado. Los cuáles se representan en mapas, gráficas y cuadros con una descripción a detalle de los accidentes de tránsito ocurridos, los factores que intervienen, y la identificación de las paradas de autobús conflictivas para el peatón.

## CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Capítulo III muestra y explica los resultados obtenidos en la metodología utilizada para identificación de las paradas de autobús conflictivas que afectan la seguridad peatonal en la ciudad de Toluca. Se subdivide en cinco apartados, el primero es la identificación de la zona de estudio que se compone por sitios críticos, es decir, las vialidades críticas e intersecciones críticas donde se localiza mayor accidentalidad. En el segundo apartado, los criterios que evalúan los puntos críticos de la ciudad de Toluca. Después, con la información que influye en la frecuencia de los accidentes de tránsito y su ubicación geográfica, se llevó a cabo la relación con las paradas de autobús. De este modo se podía determinar a mayor detalle que este factor es importante para la seguridad peatonal. Por otra parte, se verificaron con la percepción de los peatones y, por último, se muestran los resultados del análisis observacional del comportamiento de elementos del sistema de transporte.

### 3.1 ZONA DE ESTUDIO: SITIOS PELIGROSOS DE ACCIDENTALIDAD VIAL

Se parte de la idea que un sitio es peligroso cuando se presentan daños a bienes inmuebles o a personas. Considerando esto, con la aplicación del cálculo de Índice de Accidentalidad (IA) se permite conocer la ocurrencia de los accidentes de tránsito del municipio de Toluca.

Como puede observarse en el cuadro 19, para el periodo 2013-2015 los accidentes han ido en aumento, lo cual es perjudicial para la población que se desplaza en la ciudad.

Cuadro 19. Accidentes de tránsito.

Accidentes	Total	2013	2014	2015
Accidentes 2013- 2015 Municipio de Toluca	6,184	1,859	2,738	1,587

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

En el cálculo del IA para el año 2015 se obtuvo que ocurren 181.68 accidentes por cada 100,000 habitantes. Lo cual implica afectaciones a las personas y sus bienes, pues esta cifra

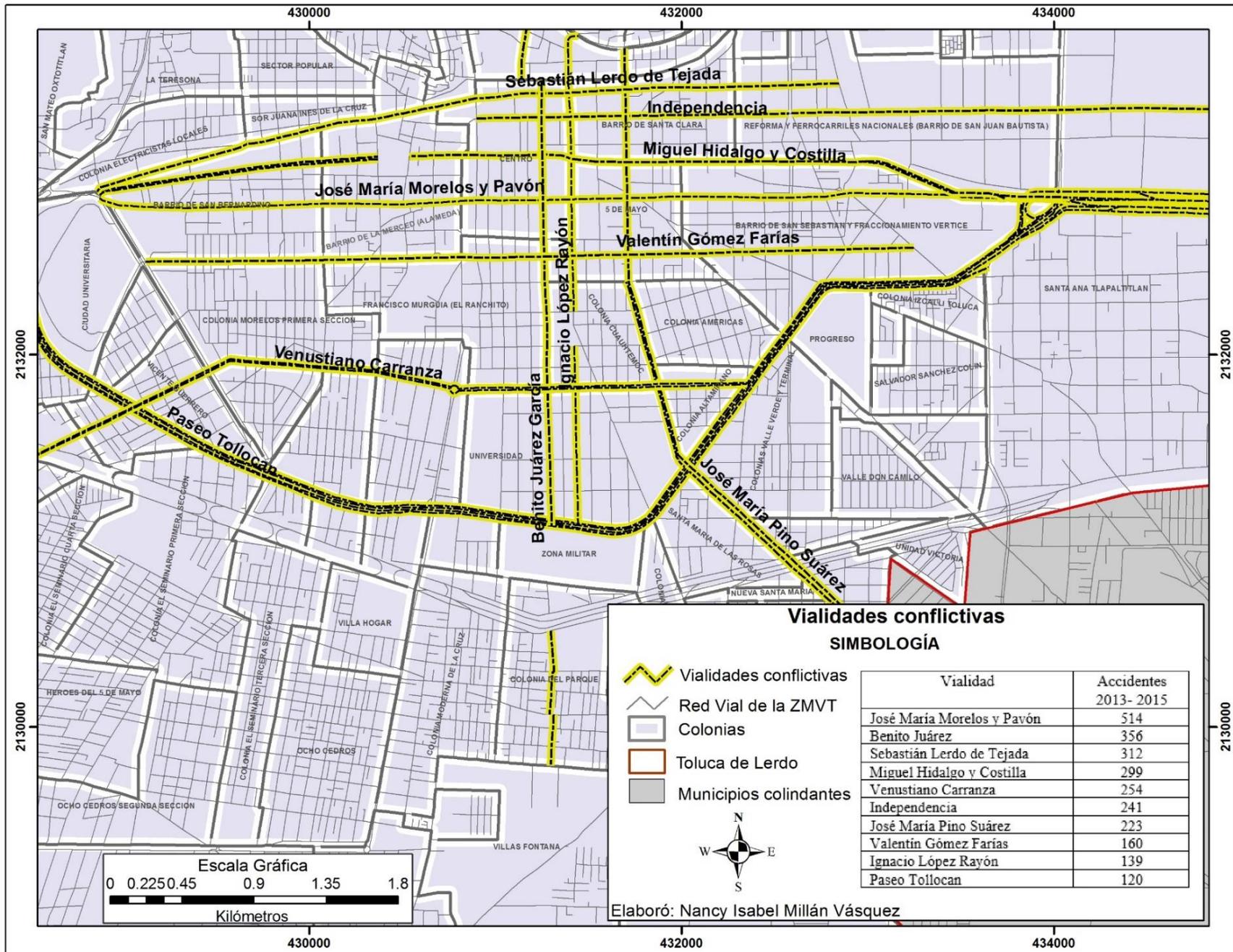
no debería ocurrir y mucho menos en Toluca donde los desplazamientos por carretera son comunes.

### 3.1.1 VIALIDADES CONFLICTIVAS

Con lo anterior, se destaca la importancia a las vialidades pues representan el modo de conectividad que propicia el desarrollo de las actividades socioeconómicas de la población. Debido a que los accidentes viales son una problemática que sucede en éstas, principalmente en las más transitadas, se consideran como vialidades críticas o conflictivas a diez de las más importantes para la ciudad.

Estas vialidades se caracterizan porque los desplazamientos de automóviles, transporte y personas son frecuentes para acceder a algún servicio. Tal como se puede ver en el mapa 2, las vialidades conflictivas van atravesando varias colonias del municipio de las cuales muchas de ellas coinciden entre sí. Algunas de ellas, por ejemplo, las vialidades Sebastián Lerdo de Tejada, Miguel Hidalgo y Costilla, José María Morelos y Pavón coinciden entre las colonias: Barrio San Bernardino, Barrio la Merced, Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales, y Barrio San Sebastián.

Por su parte, la vialidad Independencia coinciden con las anteriores entre las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales, y se extiende al este en Santa Ana Tlapaltitlán. Por otra parte, Valentín Gómez Farías se localiza de este a oeste en el Barrio San Sebastián, 5 de Mayo, atravesando entre Francisco Murguía (el Ranchito), y la Colonia Morelos. Venustiano Carranza, se caracteriza por ser una vialidad dos sentidos que se localiza desde la Colonia Altamirano a Vicente Guerrero y se extiende hasta San Buenaventura (al suroeste). De norte a sur, las vialidades Benito Juárez, Ignacio López Rayón y José María Pino Suarez coinciden en intersecciones con las vialidades anteriores entre las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Francisco Murguía (el Ranchito), Colonia Altamirano y Universidad, por su parte, José María Pino Suarez se extiende al sur hasta la colonia Benito Juárez. Y, por último, Paseo Tollocan también se caracteriza por ser una vialidad de dos sentidos que se extiende desde la colonia Reforma (al este) hasta Ciudad Universitaria. Por lo tanto, se notó que la coincidencia entre vialidades conflictivas se debe a que por su dirección (norte-sur, este-oeste...) comparten intersecciones.



Mapa 2. Localización de vialidades conflictivas de estudio.

Por otra parte, considerando que las vialidades conflictivas seleccionadas son parte de la red vial urbana, y, por lo tanto, se conectan con otras vialidades conflictivas o bien con otras vialidades ya sean de primer, segundo o tercer; en sus intersecciones tienden a tener altos números de accidentes de tránsito ocurridos.

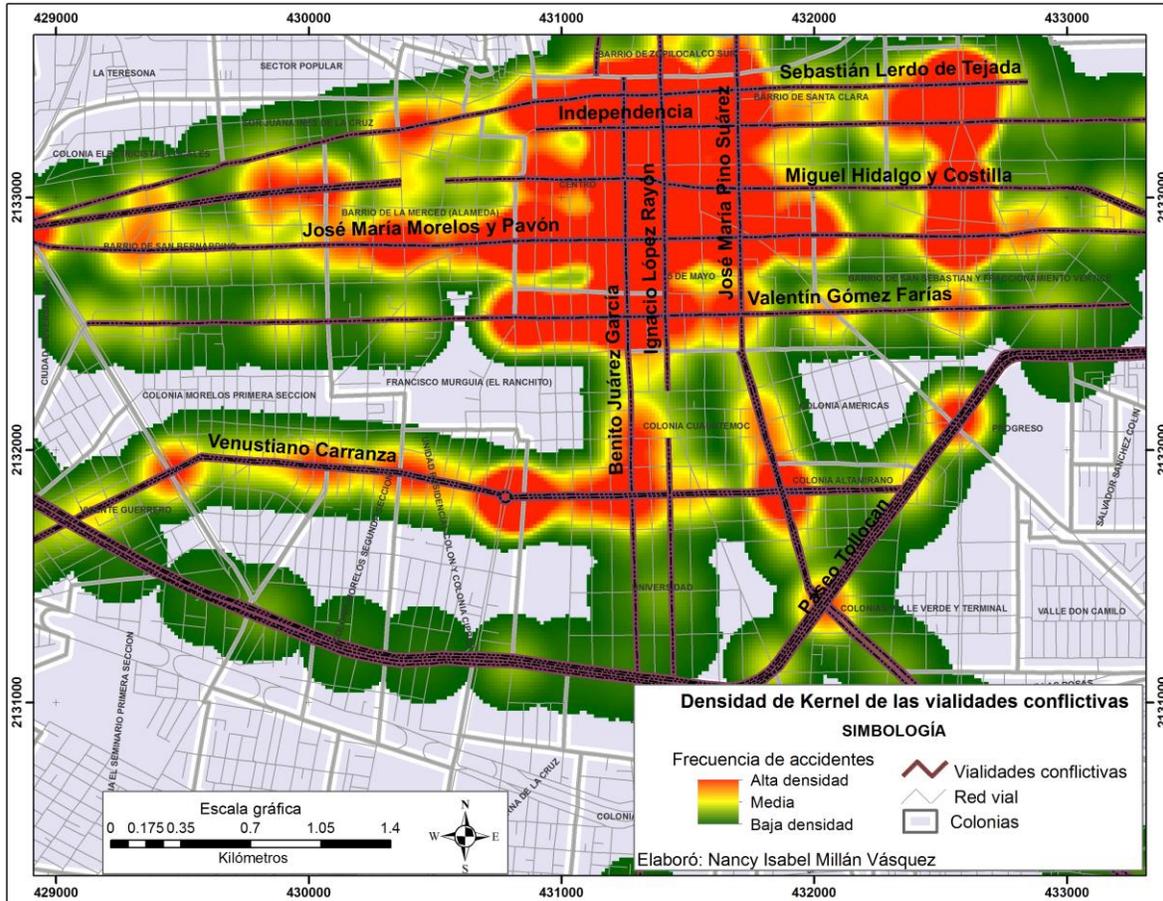
En este sentido, se puede apreciar en el mapa anterior que la vialidad José María Morelos y Pavón es la que registra el mayor número de accidentes en el período.

#### *Índice de densidad de Kernel*

A través de la estimación del índice de densidad de Kernel, se puede observar la concentración de los accidentes de tránsito del periodo 2013-2015 ocurridos en las vialidades críticas. En el mapa 3 se aprecia que la alta densidad de los accidentes (color rojo) se localiza principalmente al norte entre las colonias Centro, 5 de Mayo y Barrio Santa Clara donde coinciden intersecciones de 7 vialidades conflictivas de estudio (Sebastián Lerdo de Tejada, Independencia, Miguel Hidalgo y Costilla, José María Morelos y Pavón, Benito Juárez García, Ignacio López Rayón y José María Pino Suarez).

Así como también, en intersecciones de la vialidad Valentín Gómez Farías en las colonias Francisco Murguía y Colonia Cuauhtémoc. Además de intersecciones de las vialidades conflictivas con otras vialidades, entre las colonias: Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián al este. Y en las Colonia Ciprés, Universidad, Colonia Altamirano, el Ranchito, y Colonia Morelos en la vialidad Venustiano Carranza.

Por su parte, Paseo Tollocan a pesar de ser una vialidad de alto flujo, presenta una alta densidad de accidentes en tan sólo dos intersecciones manteniendo la densidad baja a lo largo de toda la vialidad.



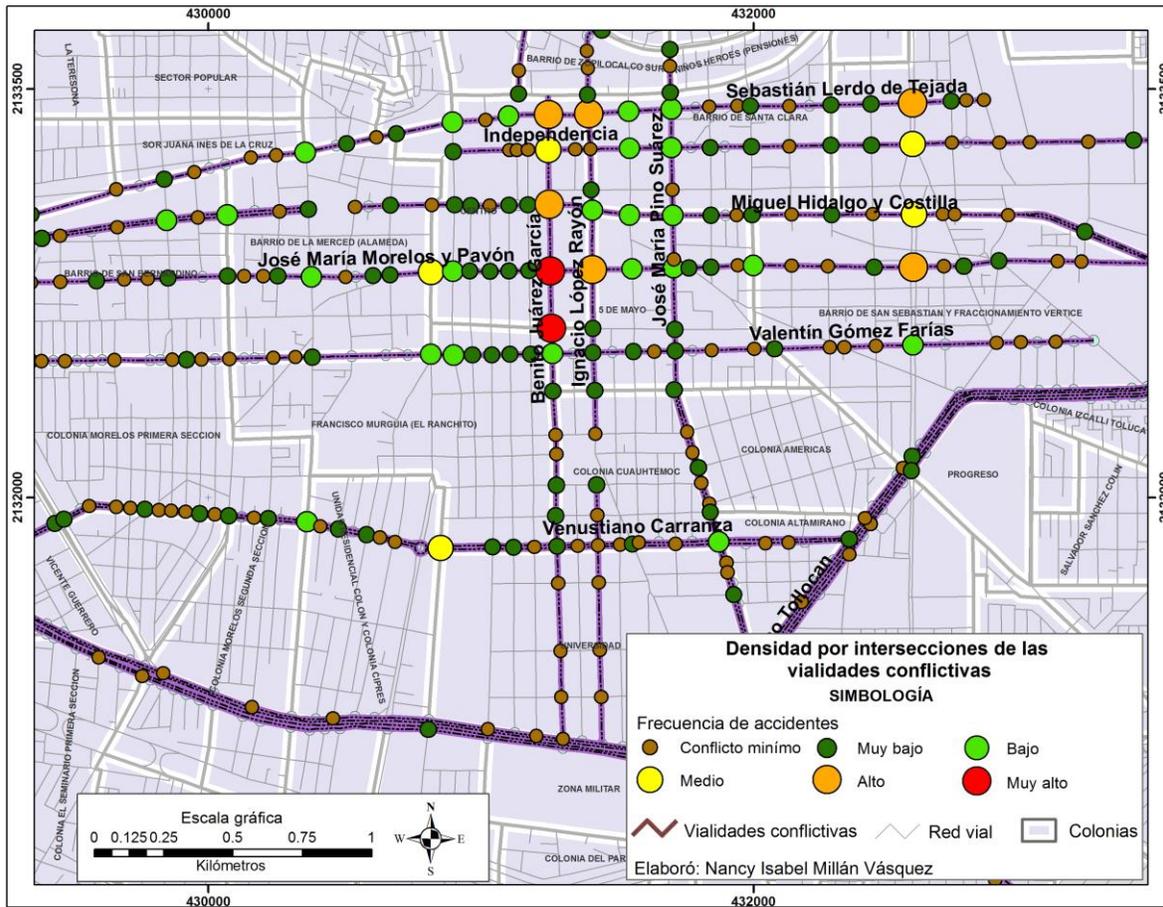
Mapa 3. Densidad de Kernel de las vialidades conflictivas.  
Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

*Densidad por intersección de las vialidades estudio*

Tal como se observa en el mapa 4, la concentración de accidentes sigue el mismo patrón de ocurrencia que se observa en el índice de densidad de Kernel; se aprecia que en las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián es donde existe una mayor ocurrencia de accidentes por intersección

En este caso, al agrupar en rangos de frecuencia se puede distinguir el número de accidentes ocurridos en cada intersección, de acuerdo con esto, el rango de densidad Muy Alto (60-74 accidentes) se ubican en Benito Juárez García entre José María Morelos y Pavón e Instituto Literario; el rango Alto (45-59 accidentes) se localiza en Sebastián Lerdo de Tejada y José María Morelos y Pavón en intersecciones con Benito Juárez y García, Ignacio López Rayón e Isidro Fabela; mientras que el rango Medio (31-44 accidentes) se encuentra disperso

ubicándose en intersecciones de José María Morelos y Pavón, Miguel Hidalgo y Costilla e Independencia.



Mapa 4. Densidad por intersecciones de las vialidades conflictivas.  
 Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

El rango Bajo (15-30 accidentes) se distribuye de forma dispersa principalmente en las vialidades Sebastián Lerdo de Tejada, Independencia, Miguel Hidalgo y Costilla, José María Morelos y Pavón, Valentín Gómez Farías, Venustiano Carranza, José María Pino Suárez y Paseo Tollocan sólo en una intersección con José María Pino Suárez. Por otra parte, el rango Muy Bajo (6-15 accidentes) es característico de todas las vialidades el cual está distribuido a lo largo de estas, pero como se puede observar, algunas intersecciones de este rango se concentran muy cercanas a intersecciones del rango Alto y Muy Alto.

Como en esta investigación se consideró como punto crítico para el peatón aquellos que registran 6 accidentes por intersección y más, se asignó el rango Conflicto mínimo que va de 1 a 5 accidentes. Las intersecciones con este rango se localizan en todas las vialidades, sin

embargo, tal como se muestra en el mapa 32 se distribuyen principalmente en el Paseo Tollocan y en la periferia del centro urbano, es decir, al sur de José María Pino Suárez, al sur de Benito Juárez García y al suroeste de Venustiano Carranza.

Como los datos utilizados de accidentes fueron del periodo 2013- 2015, se compararon (cuadro 20) los datos anteriores de las intersecciones críticas con los resultados de puntos de mayor conflicto vial del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014).

Cuadro 20. Intersecciones críticas de las vialidades conflictivas.

Vialidades conflictivas de estudio	Intersecciones	Vialidad relacionada con datos de densidad por intersecciones 2013-2015 (Elaboración propia)	Puntos de mayor conflicto vial (H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014)
José María Morelos y Pavón	47	José Vicente Villada Benito Juárez Ignacio López Rayón Isidro Fabela	José Vicente Villada Ignacio López Rayón Benito Juárez Isidro Fabela
Benito Juárez	38	Sebastián Lerdo de Tejada Independencia Miguel Hidalgo y Costilla José María Morelos y Pavón Instituto Literario	
Sebastián Lerdo de Tejada	36	Isidro Fabela Ignacio López Rayón Benito Juárez	Benito Juárez Ignacio López Rayón Vicente Guerrero
Miguel Hidalgo y Costilla	35	Isidro Fabela Benito Juárez	Ignacio López Rayón Benito Juárez Isidro Fabela
Venustiano Carranza	77	Andrés Quintana Roo Jesús Carranza José María Pino Suárez	
Independencia	32	Benito Juárez Isidro Fabela	Ignacio López Rayón Isidro Fabela
José María Pino Suárez	57	Sebastián Lerdo de Tejada Independencia Miguel Hidalgo y Costilla José María Morelos y Pavón Venustiano Carranza Tollocan	
Valentín Gómez Farías	53	Isidro Fabela Benito Juárez Nicolás Bravo Vicente Villada	
Ignacio López Rayón	21	Sebastián Lerdo de Tejada José María Morelos y Pavón	
Paseo Tollocan	186	José María Pino Suárez	José María Pino Suárez 5 de Mayo Salvador Díaz Mirón Heriberto Enríquez Isidro Fabela

Fuente: Datos de elaboración propia comparado con datos del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014

El cuadro 20 muestra que, las diez vialidades conflictivas tienen conexión con otras vialidades porque en sus intersecciones se presentan conflictos. Por un lado, utilizando los datos obtenidos de la densidad por intersecciones se muestran las vialidades están relacionadas, de las cuales entre ellas están algunas vialidades conflictivas, por ejemplo, la intersección de Benito Juárez con Sebastián Lerdo de Tejada. Por otro lado, utilizando las intersecciones de puntos de conflicto vial del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014) comparadas con las diez vialidades conflictivas, las intersecciones críticas varían pues algunas coinciden o existen otras intersecciones de conflicto.

Sin embargo, existe relación entre los dos datos, es decir, hay intersecciones entre vialidades que coinciden, por ejemplo: la intersección entre la vialidad conflictiva José María Morelos y Pavón y la vialidad José Vicente Villada, está reportada en los dos datos. Igualmente, esta comparación indica que la vialidad frecuente en las intersecciones con mayor conflicto es Benito Juárez García.

#### 3.1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

El análisis de los accidentes con la información disponible (año, mes, tipo de accidente) fue importante para la identificación de: el aumento de los accidentes, la ocurrencia durante el año y la frecuencia del tipo de accidente, a los cuales debe prestarse atención para mantener a la población de la ciudad de Toluca fuera de esta problemática.

##### *Accidentes por año*

Como se muestra en la figura 28 se puede notar un aumento de los accidentes en el 2014 mientras que, para el 2015 los accidentes disminuyen. Sin embargo, esto se debe a que los accidentes de este año corresponden al primer semestre.

Entre el año 2013 y 2014, se observa que en la vialidad José María Morelos y Pavón ocurren el mayor número de accidentes con más de 150 en cada año. Seguido de Sebastián Lerdo de Tejada y Miguel Hidalgo y Costilla con más de 100 y Venustiano Carranza e Independencia más de 100 en el año 2014. En las vialidades Valentín Gómez Farías, y Benito Juárez García se tienen más de 50 accidentes. Sin embargo, José María Pino Suarez, Ignacio López Rayón

y Paseo Tollocan para el año 2013 tienen menos de 50, pero en el año 2014 aumentan a más de 50.

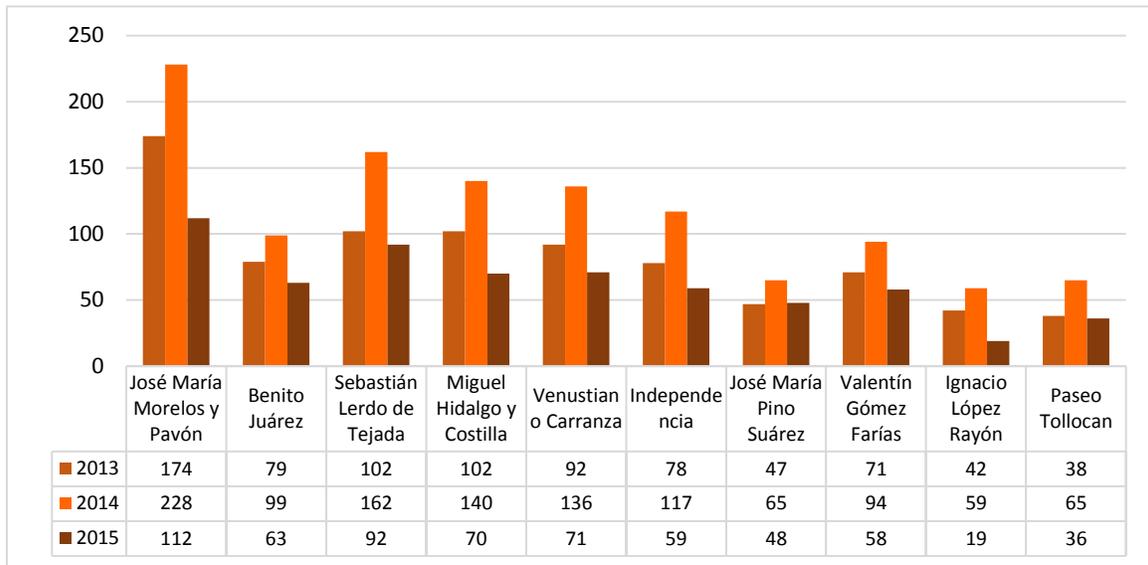


Figura 28. Accidentes por año de las vialidades conflictivas.  
 Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

Los accidentes ocurridos en el año 2015 en todas las vialidades parecen ser bajos, sin embargo, comparados con el 2013 los accidentes son altos (casi o el mismo número de accidentes ocurridos) considerando que pertenecen a 7 meses (figura 34).

#### *Accidentes por mes*

Debido a que sólo se tienen datos del 2013 a julio de 2015, en la figura 29 se puede observar que los accidentes ocurren con mayor frecuencia en el mes de noviembre (en el año 2013 y 2014) y en menor frecuencia en octubre. Mientras que, en el 2015 se registraron en el mes de junio. Lo cual, parece que en este mes se mantiene constante el aumento de accidentes durante los tres años.

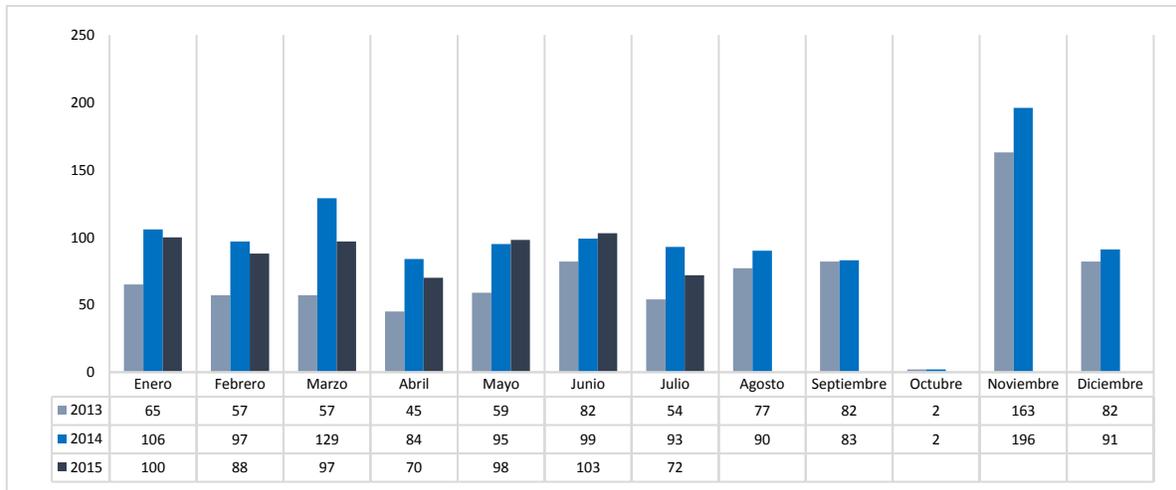


Figura 29. Accidentes por mes de las vialidades conflictivas.  
 Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

### *Accidentes por tipo de accidente*

De igual modo, se analizó el tipo de accidente que es más frecuente en las vialidades de estudio durante el periodo. En la figura 30, se puede observar que los accidentes más frecuentes son: 1) Tipo Colisión, seguido de 2) Colisión lateral, 3) Atropellamientos y 4) Golpe fuga. Y en menor frecuencia Colisión de frente.

#### 3.1.1.1.1 ATROPELLAMIENTOS

En vista de que los atropellamientos son el tercer tipo de accidente más frecuente en las vialidades críticas de la ciudad de Toluca y la finalidad de esta investigación es identificar la problemática que aqueja la seguridad peatonal. El énfasis en este tipo de accidentes permite vislumbrar las intersecciones críticas que deben ser atendidas. Por esta razón, también se analizaron por año y la densidad espacial mediante el Índice de Kernel y por intersecciones.

#### *Índice de densidad de Kernel*

Tal como muestra el mapa 5, la alta densidad de atropellamientos se localiza a lo largo de las vialidades Benito Juárez García e Ignacio López Rayón, las cuales hacen intersección con Sebastián Lerdo de Tejada, Independencia, Miguel Hidalgo y Cosilla, José María Morelos y Pavón y Valentín Gómez Farías. Se puede notar que la densidad media se dispersa, principalmente en intersecciones al este de José María Morelos y Pavón, y otras dos en Venustiano Carranza. La densidad con tonalidad verde, es decir, las densidades más bajas se

encuentran dispersas en todas las vialidades en intersecciones donde se presentan conflictos medios.

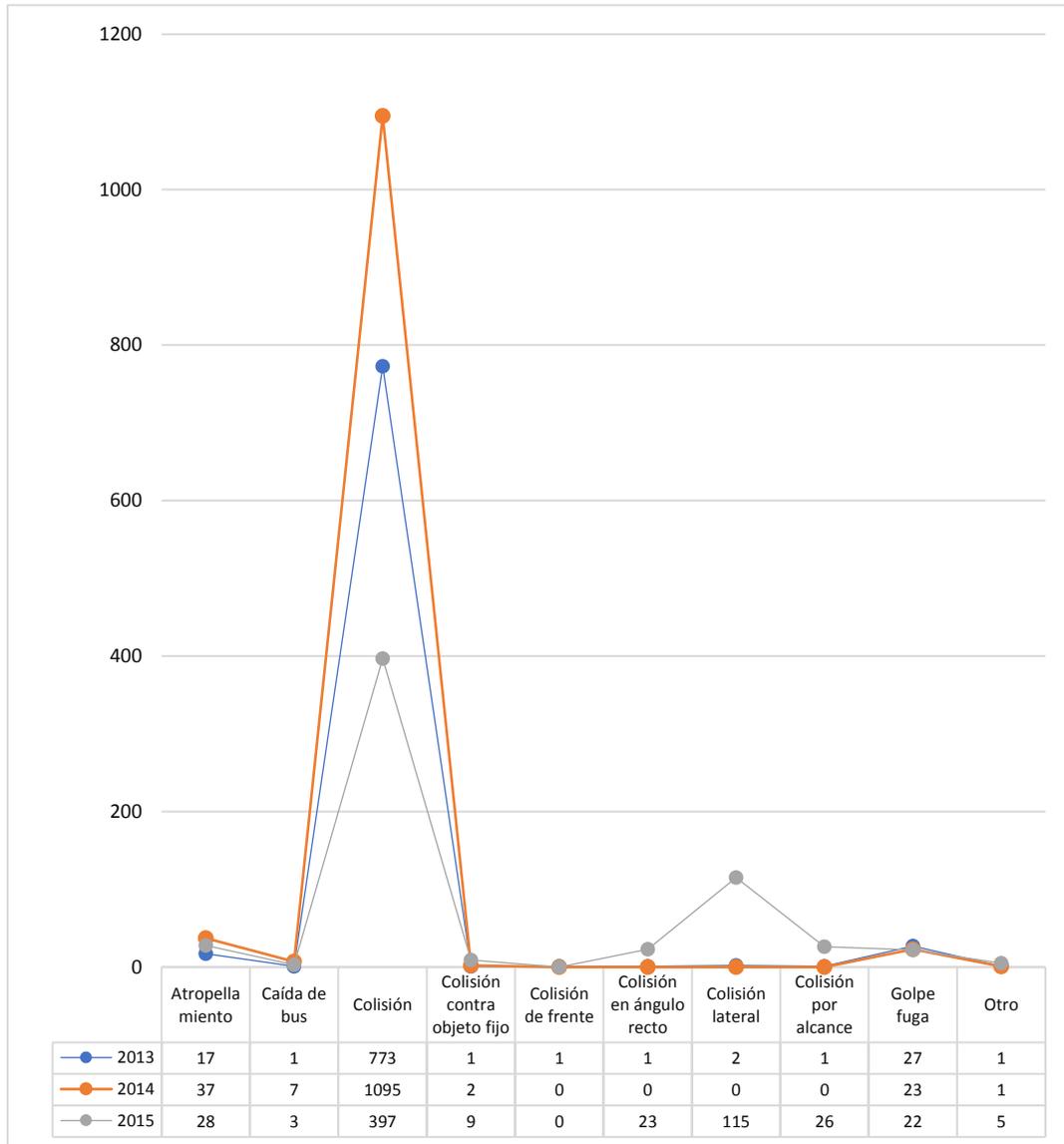
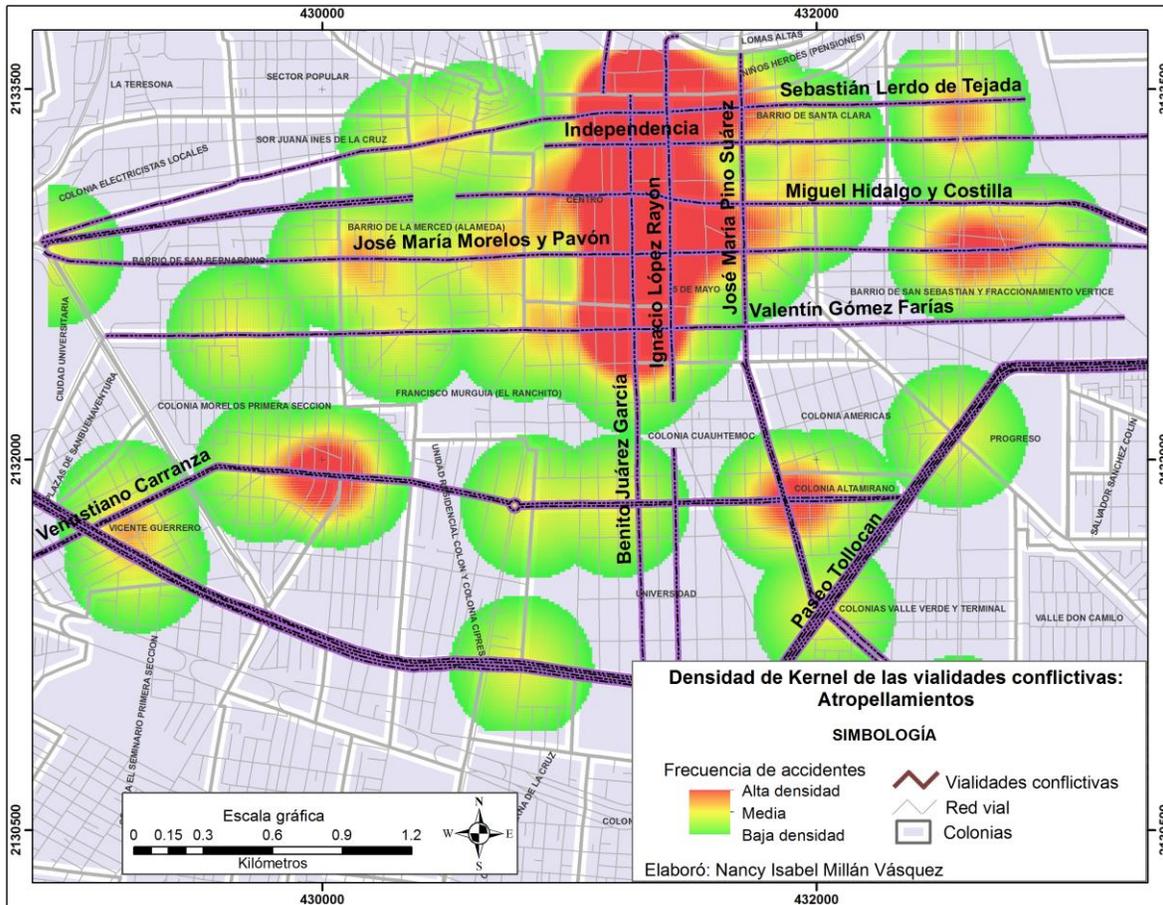


Figura 30. Accidentes por mes de las vialidades conflictivas.  
 Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

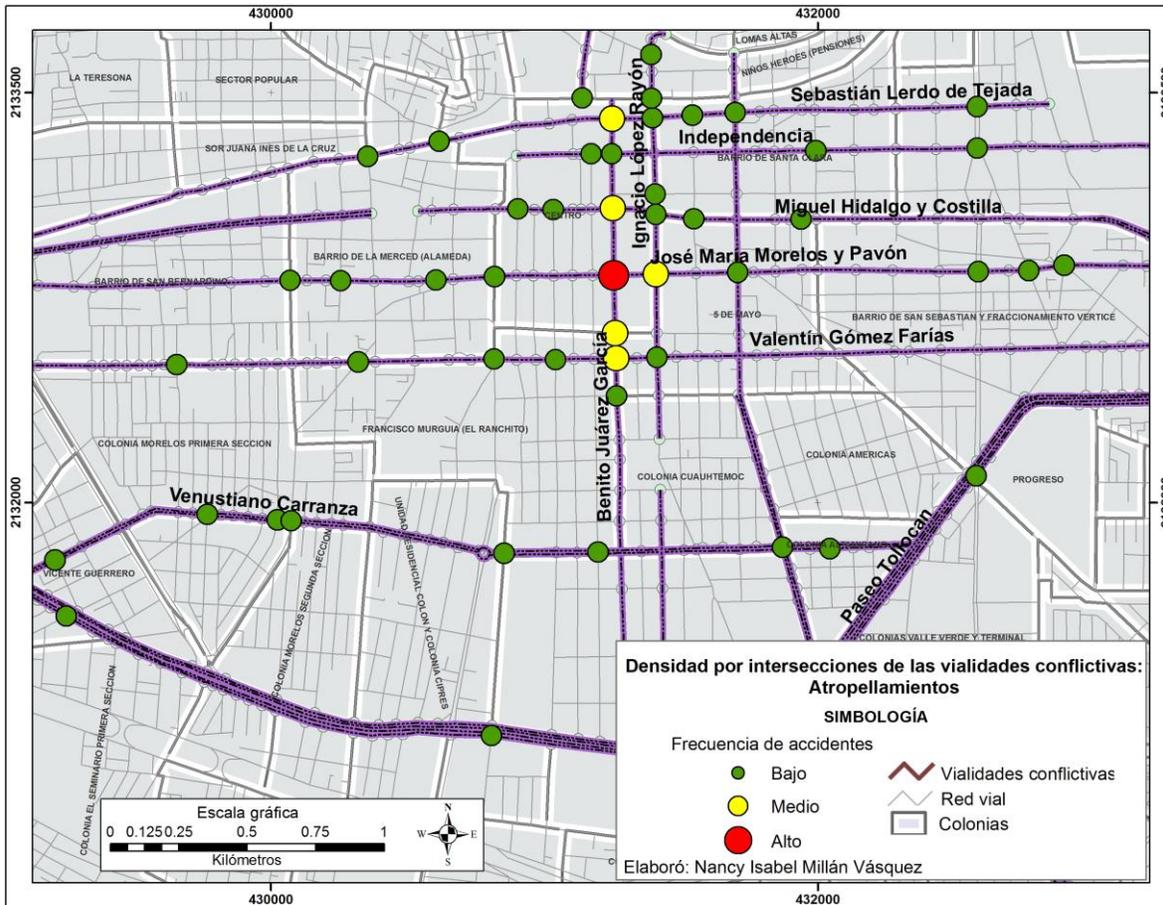


Mapa 5. Índice de densidad de Kernel de atropellamientos de las vialidades conflictivas.  
Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

### *Densidad por intersección de las vialidades estudio*

Mediante la densidad por intersecciones (mapa 6) se comprueba con datos específicos la ubicación de la alta densidad de atropellamientos. En este caso se subdividió en Alto, Medio y Bajo, de los cuales el primer rango va de 5 a 6 atropellamientos y se localiza en Benito Juárez García en intersección con José María Morelos y Pavón. Mientras que el rango Medio que va de 3 a 4 atropellamientos y se localiza alrededor del primer rango lo cual infiere que estas zonas tienen relación entre sí.

Mientras que de forma más dispersa corresponde al rango Bajo que va de 1 a 2 atropellamientos por intersección.



Mapa 6. Densidad de atropellamientos por intersecciones de las vialidades conflictivas del 2013 al 2015 en vialidades críticas. Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

### Atropellamientos por año

Por otra parte, se comprueba en la Figura 31 que el patrón de ocurrencia de los atropellamientos por año en las vialidades es similar, es decir, en José María Morelos y Pavón, Benito Juárez García, Sebastián Lerdo de Tejada y Miguel Hidalgo y Costilla presentan mayor número de atropellamientos en los tres años. Los cuales se concentran en el centro-norte de las vialidades, principalmente los atropellamientos del año 2013 y 2015. En cambio, Paseo Tollocan e Ignacio López Rayón solo presenta atropellamientos en el año 2014, en este año todos los atropellamientos se encuentran dispersos en las vialidades conflictivas.

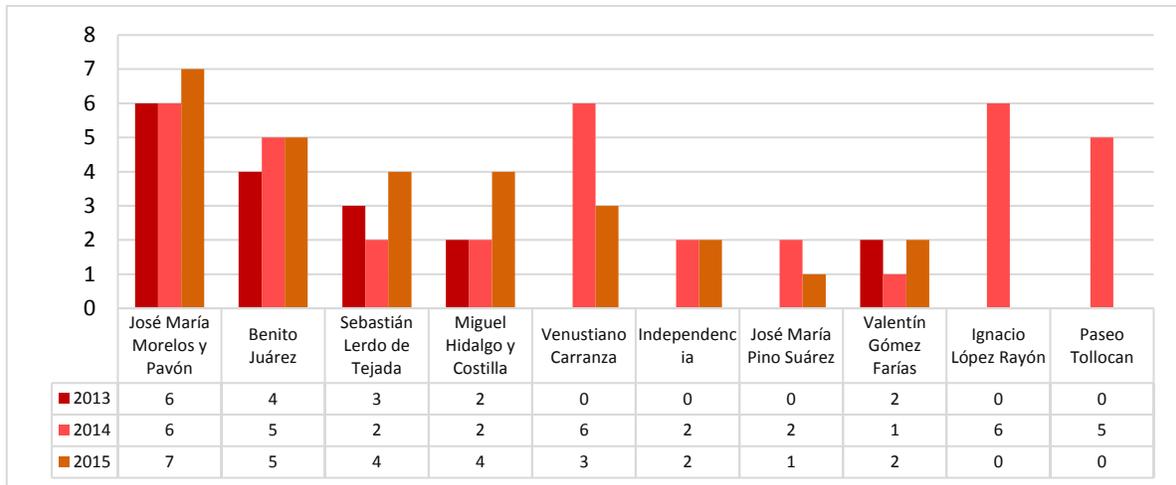
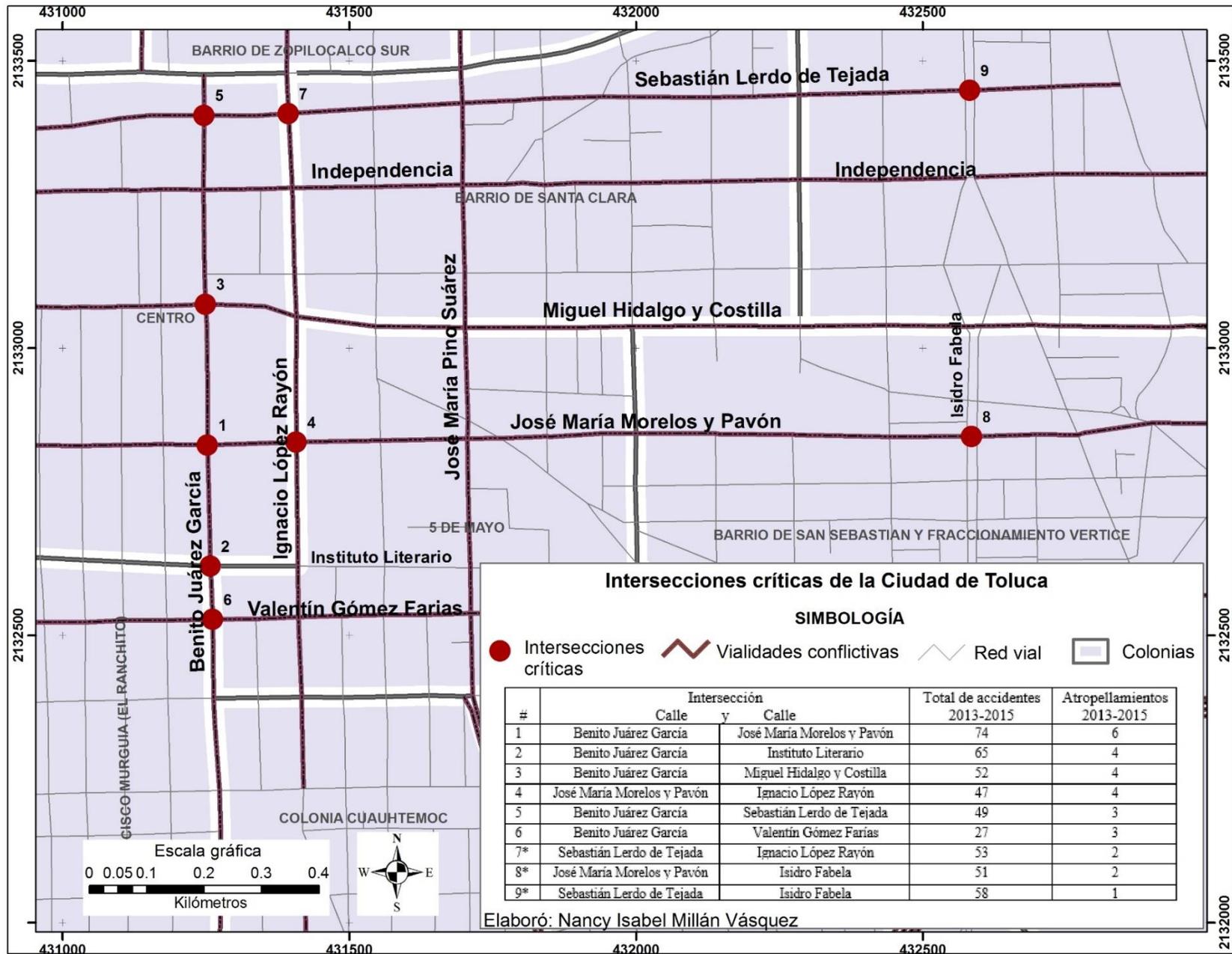


Figura 31. Atropellamientos por año de las vialidades de estudio.  
Fuente. Elaboración propia con datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito, 2015.

### 3.1.2 INTERSECCIONES CRÍTICAS DE ESTUDIO

Las intersecciones críticas que se seleccionaron de acuerdo con los valores más altos de atropellamientos y frecuencia de accidentes se localizan al norte en las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián (mapa 7). De la intersección 1 a la 6 son las más importantes debido a que la relación vehículo automotor-peatón son peligrosas para los peatones. Cinco de estas se ubican principalmente a lo largo de la vialidad Benito Juárez García en intersección con José María Morelos y Pavón, Instituto Literario, Miguel Hidalgo y Costilla, Sebastián Lerdo de Tejada y Valentín Gómez Farías. Mientras que la otra se ubica en José María Morelos y Pavón en intersección con Ignacio López Rayón.

Anteriormente, se había considerado que a partir de 3 atropellamientos era la frecuencia de ocurrencia en una intersección. Sin embargo, al decidir las intersecciones críticas también se consideró la relación vehículo automotor- vehículo automotor, lo que significa que son intersecciones donde existen un alto número de accidentes. Por esta razón, se consideraron las intersecciones Sebastián Lerdo de Tejada con Ignacio López Rayón y José María Morelos y Pavón con Isidro Fabela con 2 atropellamientos en el periodo. Y la intersección Sebastián Lerdo de Tejada con Isidro Fabela con un atropellamiento, pero con un total de 50 accidentes en el periodo.



Mapa 7. Localización de las intersecciones críticas de estudio.

### 3.2 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO: FACTORES ASOCIADOS A LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO (ATROPELLAMIENTOS)

Considerando estas nueve intersecciones críticas como puntos críticos para la población que se desplaza diariamente. Se analizaron factores que están relacionados con la ocurrencia de los accidentes de tránsito, especialmente los atropellamientos.

Estos factores permiten comprender que existen ciertos elementos del entorno urbano que está funcionando mal, o bien falla por completo. Debido a que el objetivo es identificar un solo elemento que funciona mal, provocado por el entorno, el descuido de los usuarios o instituciones o agentes externos como conductores. Se realizó un análisis de los mismos para encontrar dicha relación.

Los factores explicativos para la evaluación de estos puntos críticos que se consideraron son los siguientes:

#### 3.2.1 USOS DE SUELO

En el municipio de Toluca de Lerdo el uso de suelo se distribuye como suelo urbano y no urbano. Dentro del suelo urbano se identifican: habitacional, comercial, de servicios, mixto, industrial y equipamientos. Mientras que, el uso no urbano integra al agrícola y forestal, cuerpos de agua, zona federal, zonas arqueológicas y bancos de materiales.

Los tipos de usos que se integran en Usos no urbanos, el de mayor representatividad corresponde al uso del suelo agrícola. El cual se ubica en el entorno de la ciudad de Toluca, principalmente al norte y sur de la misma, con una superficie de 15,073.97 ha (60% del suelo no urbano). Mientras que el uso de no urbano forestal comprenden una superficie de 8,835.87 ha. (35.2% del suelo no urbano). Y ubicados de manera dispersa dentro del Municipio, se encuentran los cuerpos de agua, zonas de minas y la zona arqueológica con el 2.3%, 0.3% y 0.5% del suelo no urbano

Por otra parte, como Uso urbano; el uso industrial comprende una superficie de 1,780.35 ha (10% del suelo urbano), y se encuentra ubicado principalmente en la zona oriente y norte del municipio. El uso de equipamiento está ubicado al centro del municipio con una superficie

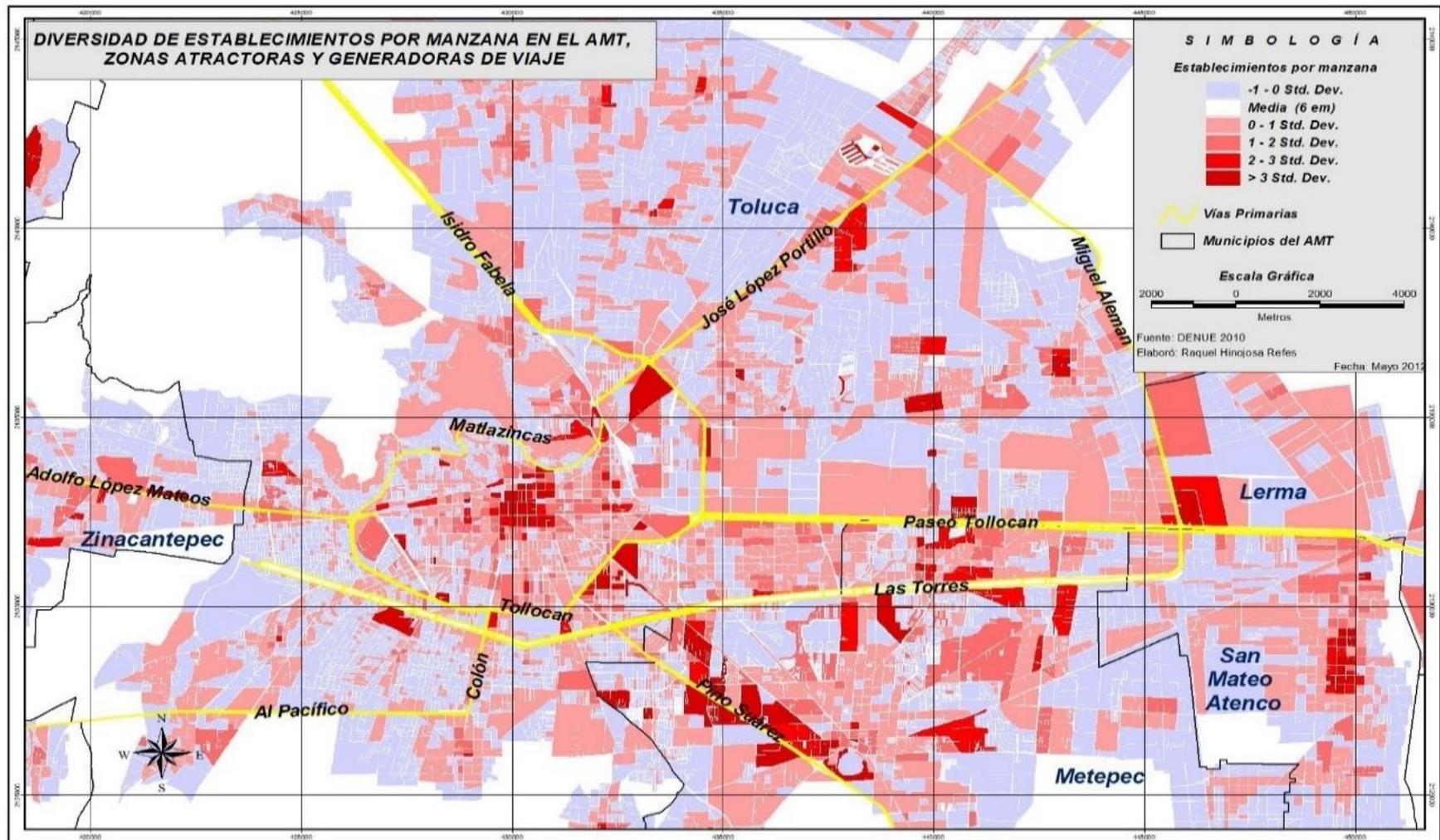
estimada de 1,296.03 ha (7.3% del suelo urbano). El 82.7% del suelo urbano se considera como usos habitacionales, los cuales se clasifican en tres categorías de acuerdo con la densidad que presentan: zona centro, barrios tradicionales, y asentamientos humanos dispersos (H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, 2014: 106).

Torres (2007: 44) define que el Centro de Toluca es aquel que “está delimitado por el circuito Tollocan hacia dentro”, se retoma este límite para hacer referencia a la distribución de las vialidades que presentan conflictos viales. Dentro de este límite se localizan las 9 intersecciones críticas, que se ubican en las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián, donde existe una alta concentración de población, entremezclada con actividades comerciales, de servicios y equipamientos.

Considerando que las intersecciones críticas se ubican dentro de este límite se puede observar en la figura 15 que, las intersecciones 1, 3, 4, 5 y 7 se encuentran en el uso denominado centro histórico y cultural. Cercanas al centro histórico y cultural se encuentran las intersecciones 2 y 5, estas también están cercanas a equipamiento urbano y al uso habitacional. Mientras que, las intersecciones 8 y 9 están más alejadas de las siete anteriores y éstas se ubican entre el uso habitacional.

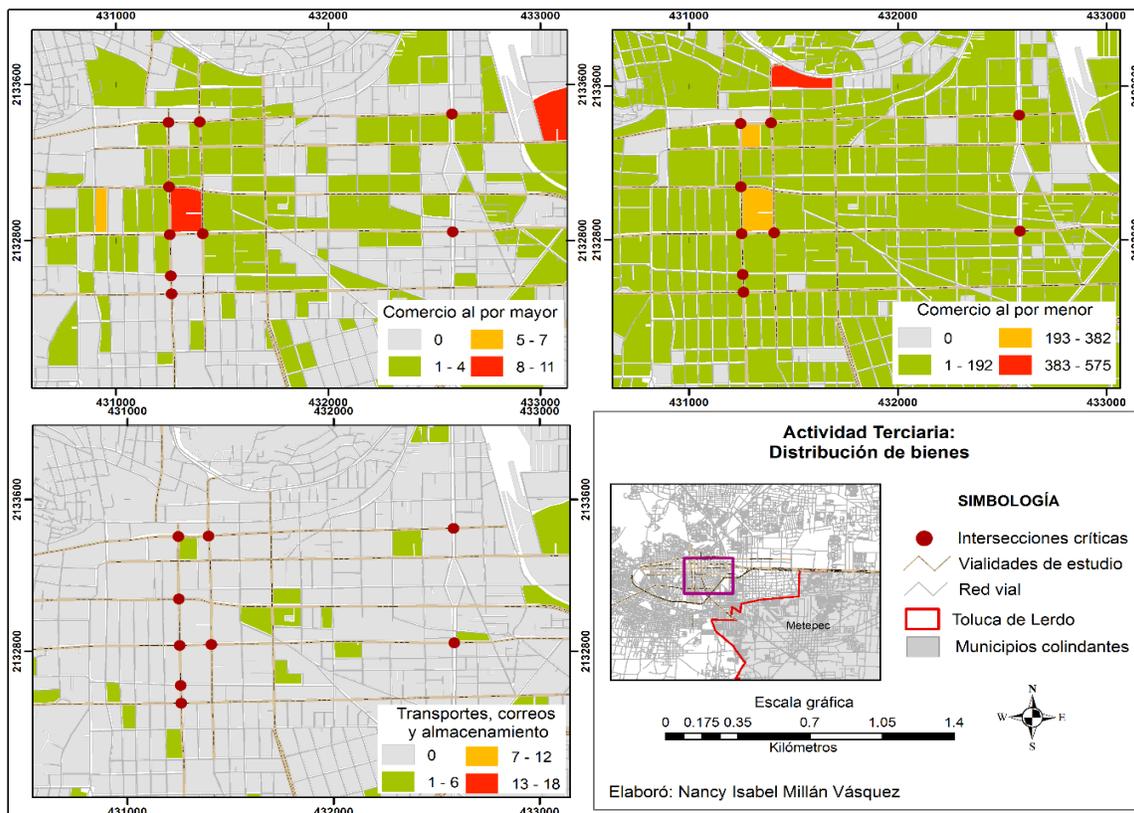
Debido a que en el municipio se realizan actividades diversificadas. Comparando la figura 15 y el mapa 8, se puede observar que en el Centro Histórico cultural se extienden establecimientos con una densidad muy alta. Es decir, existe un mayor número de establecimientos que son muy atractivos para la población. Sin embargo, al sur de Centro Histórico y cultural donde se ubican la intersección 2 y 5 se mantiene en una densidad de atracción alta, mientras que en densidad media se encuentran las intersecciones 8 y 9.

Por lo tanto, debido a que en el mapa la densidad de los establecimientos se localiza a nivel manzana, y tomando en cuenta que la mayor parte del uso de suelo urbano es de uso habitacional. Se da por hecho que el uso habitacional es uso combinado, es decir, se ocupa como habitacional, pero también se tienen establecimientos comerciales.



Mapa 8. Diversidad de establecimientos por manzana en el Área Metropolitana, zonas atractivas y generadoras de viaje.  
Fuente: Hinojosa, 2014.

Para enfatizar la actividad más atractiva en las que se ubican las intersecciones críticas. Se representaron los sectores de actividad terciaria más importantes con el DENU (INEGI, 2015). De acuerdo con el mapa 9, el sector “Distribución de bienes” se integra por los subsectores: comercio al por mayor, comercio al por menor y transporte, correos y almacenamiento. Por su parte, el comercio al por menor es el que se distribuye un mayor número de establecimientos que van de entre 1 a 192 por manzana en todo el Centro de Toluca. Mientras que, el comercio al por mayor va de entre 1 a 4 establecimientos por manzanas, pero no se distribuye cercano a todas las intersecciones críticas. Y el subsector transportes, correos y almacenamientos se dispersa por la zona, pero en menor número sin estar cercano a las intersecciones críticas.



Mapa 9. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Distribución de bienes”.

Fuente: INEGI, 2015

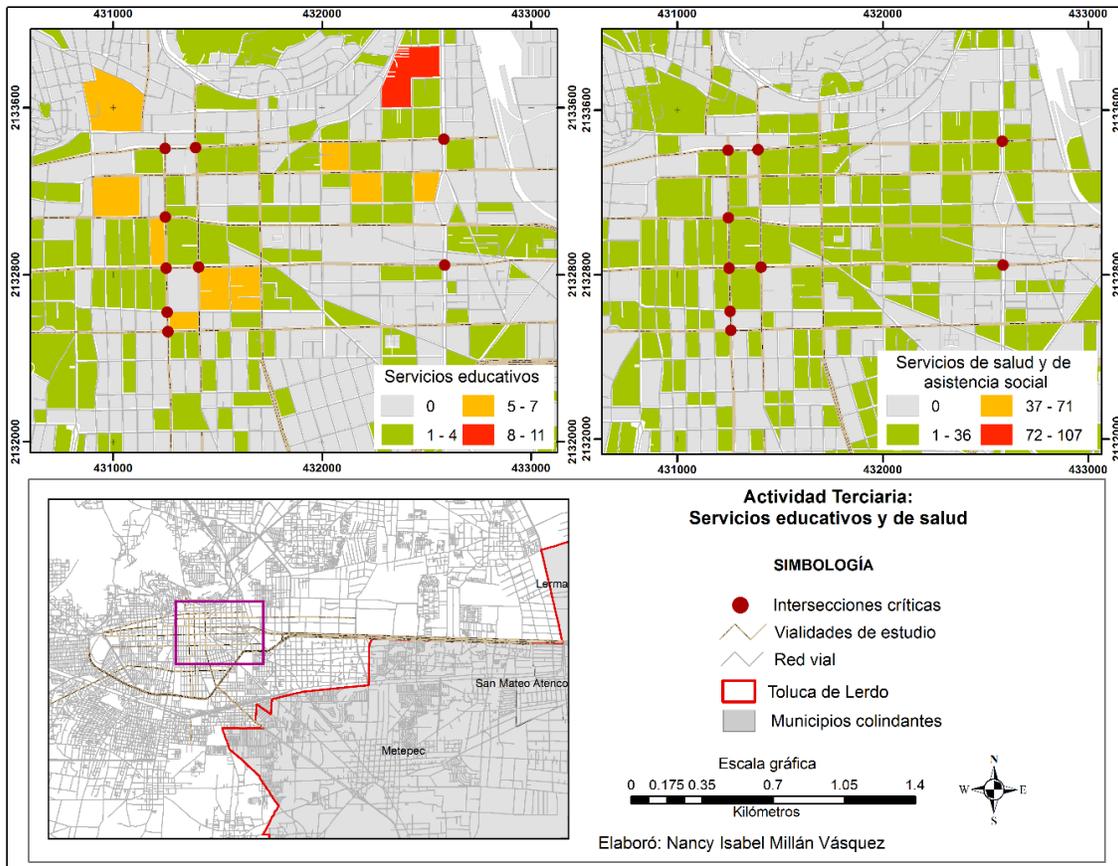
Asimismo, los “Servicios empresariales” (anexo 1.1), que incluyen a los sectores de información en medios masivos, servicios financieros y de seguros, y servicios inmobiliarios y de alquiler, en términos generales se distribuyen en el Centro de Toluca, lo cual indica que a pesar de que existen pocos establecimientos de este tipo de servicio aún es atractivo para la

población. Es decir, la alta concentración de servicios no es un posible incidente en la ocurrencia de las intersecciones críticas sino la cercanía, distribución y la atracción de estos en varias manzanas.

Por su parte, los “Servicios profesionales” (anexo 1.2), a pesar de que no hay una alta concentración se distribuyen muy cercanos a las intersecciones críticas principalmente los rangos medio y alto. Con 5 a 9 establecimientos por manzana del sector servicios profesionales, científicos y técnicos, se ubican principalmente en las intersecciones 5 y 7. Mientras que en Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación en la intersección 3.

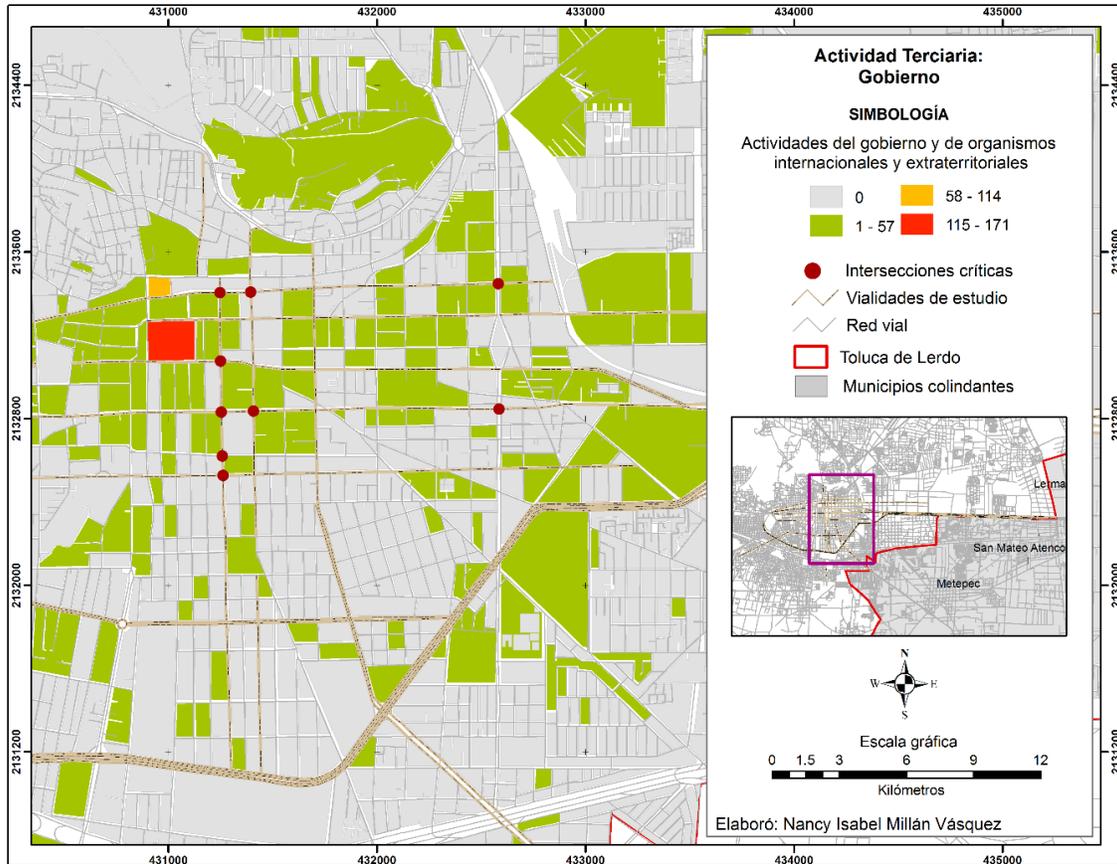
Mientras que, en los “Servicios Educativos y de Salud” (mapa 10) se puede notar que hay mayor concentración de establecimientos pertenecientes al sector servicios de salud y asistencia social principalmente de entre 1 a 36 por manzanas cercanos a todas las intersecciones críticas. Sin embargo, aunque hay un menor número de establecimientos por manzana del sector servicios educativos, estos son muy importantes para Toluca debido que se encuentran distribuidos de forma casi homogénea sin que haya mucha distancia entre cada uno. En este caso, se observa que hay manzanas con un rango medio de establecimientos, que están cercanas a las intersecciones 3, 1, 4, 2 y 6, por lo que se debe procurar que en estas intersecciones deben tener mayor precaución.

Otro tipo de establecimientos recurrentes en las manzanas del Centro de Toluca son los “Servicios relacionados con la recreación” de los cuáles, los correspondientes al sector servicios de esparcimiento, culturales, deportivos y otros, tienen importancia debido su concentración. Aunque este tipo de servicios es frecuente hacia el noroeste también mantiene cercanía con las intersecciones críticas (anexo 1.3). Por el contrario, los establecimientos correspondientes al sector servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos se encuentran distribuidos en todo el Centro de Toluca en los que se frecuenta de entre 1 a 30 establecimientos por manzana.



Mapa 10. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios educativos y de salud”.  
Fuente: INEGI, 2015

Debido que Toluca es la capital del Estado de México, existe gran concentración de establecimientos de Gobierno (mapa 11), los cuales se concentran principalmente en el Centro de Toluca, por lo que las intersecciones críticas tienen mucha relación con este tipo de servicios. En conclusión, el Centro de Toluca es la fuente de atracción más importante del municipio debido a los servicios que oferta, principalmente de comercio al por menor, servicios de gobierno, de educación, de alimentos y de actividades deportivas.



Mapa 11. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Gobierno”.  
Fuente: INEGI, 2015

### 3.2.2 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Una vez ya identificados los tipos de usos de suelo que están cercanos a las intersecciones críticas, se tiene el conocimiento de los motivos de viaje de las personas y que provocan los desplazamientos constantes mediante el uso del transporte público urbano o privado. Por esta razón se consideró el análisis del flujo vehicular y flujo peatonal para encontrar si hay coincidencia con las actividades económicas que más se concentran en las intersecciones críticas.

#### 3.2.2.1 VOLUMEN VEHICULAR (FLUJO VEHICULAR)

Debido a que el flujo vehicular es un factor que influye en la ocurrencia de los atropellamientos, con base en Hinojosa (2014), las intersecciones críticas se localizan entre el flujo vehicular Muy Alto (figura 16). Esto se debe en parte a la configuración de las rutas del municipio (figura 32). Por su forma tipo radial que convergen en el Centro Histórico de

la ciudad y que presentan forma de radiaciones desde el punto focal hacia varias direcciones, ramificándose con menor intensidad de servicio hacia la periferia y áreas menos importantes (Torres, 2007). Tal es el caso de Paseo Tollocan y Venustiano Carranza pues presentan un flujo vehicular tanto desde Muy Alto (figura 16) atravesando por el Flujo Alto a Medio, y se considera una red irregular porque no sigue ningún patrón geométrico.

Por lo tanto, este tipo de configuración aunado a la forma de la red vial en malla o retícula da pie a la configuración no jerarquizada donde los cruces se tornan peligrosos y se saturan algunas vías al mismo tiempo, ocasionando que se desperdicien otras (Torres, 2007) provocando que la conexión entre el sistema de vialidades sea ineficiente.

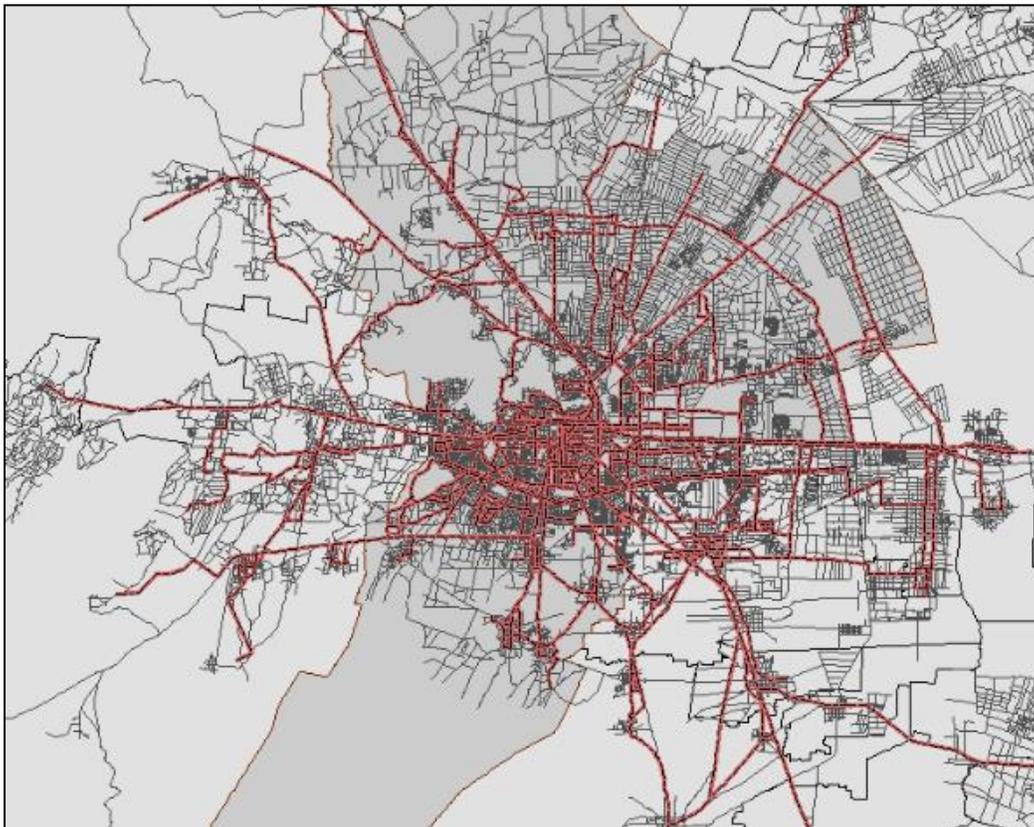


Figura 32. Tipo de rutas y red de la ciudad de Toluca.  
Fuente: elaboración propia

En relación con el flujo vehicular, este se ve afectado tal como se señaló anteriormente. La carga de las vialidades con respecto a otra en conjunto con a la atracción de ciertas zonas de actividades logran una saturación en las vialidades principales de la ciudad considerando también que en el Centro de Toluca predomina el flujo vehicular discontinuo, es decir la

detención periódica de los vehículos por semáforos, paradas, etcétera, lo que provoca la ralentización y daña los tiempos de los usuarios.

En el caso de vialidades críticas cuentan con más de tres carriles para el tránsito vehicular (cuadro 21), el número de los carriles no es suficiente en ciertas horas del día o días de la semana puesto que ante el caos vial la efectividad de los carriles disminuye a uno solo, es decir el carril derecho comúnmente es utilizado para la realización de paradas o en casos el estacionamiento indebido de los conductores o base de taxis.

Cuadro 21. Número de carriles de las vialidades críticas.

Vialidad de estudio	Carriles
Av. José María Morelos y Pavón	4
Av. Benito Juárez	3
Av. Sebastián Lerdo de Tejada	4
Av. Miguel Hidalgo y Costilla	4
Av. Venustiano Carranza	6
Av. Independencia	3
Av. José María Pino Suárez	6
Av. Valentín Gómez Farías	3
Av. Ignacio López Rayón	3
Paseo Toluca	10

Fuente. Elaboración propia con base al H. Ayuntamiento 2013-2015, 2014

Incluso el mal funcionamiento se ve afectado no solo por las fallas correspondientes al entorno de las vialidades (semáforos, paradas, servicios, estacionamientos, etcétera) sino también a la cultura vial que tienen los conductores. Es decir, los malos cruces, y/o desconocimiento de las normas de tránsito.

#### 3.2.2.1.1. DERROTOS

En el caso del transporte público, genera problemas en el flujo de tránsito al momento de realizar maniobras en los paraderos de ascenso o descenso. Debido a que, el transporte es un medio de desplazamiento para la población que se dirige hacia el Centro de Toluca, la saturación de los derroteros (o rutas) por empresa en la ciudad impacta en el funcionamiento del flujo vehicular. En otras palabras, si hay más derroteros en la misma dirección con diferentes empresas, mayor es el número de unidades que prestan el servicio.

Cada empresa de transporte tiene un número de derroteros que pasan sobre las vialidades de la Ciudad de Toluca. En el cuadro 22 se puede ver que la empresa con mayor número de derroteros es Autotransportes 2 De Marzo, S., mientras que entre Autotransportes Urbanos

De Toluca y Línea De Turismos Toluca – Tenango cuentan con menor número de derroteros en el municipio.

Cabe mencionar que los derroteros de cada empresa conectan con municipios aledaños.

Cuadro 22. Empresas de los derroteros en Toluca.

Nombre de Empresa	Número de Derroteros
Autobuses Flecha Blanca De Toluca	22
Autobuses México-Toluca-Zinacantepec	14
Autotransportes 2 De Marzo, S.	50
Autotransportes Colon Nacional	16
Autotransportes Suburbanos De	22
Autotransportes Toluca-Capultitlán	34
Autotransportes Urbanos De Toluca	8
Autotransportes Urbanos Y Suburbano	10
Autotransportes Urbanos Y Zona Conurbada Del Valle De Toluca	18
Línea De Turismos Toluca - Tenango	8
Servicios Urbanos Y Suburbanos	36
Sistema De Transporte Urbano Y Suburbano	28
Transportes Urbanos Y Suburbano	22
Total	288

Fuente: Elaboración propia con base en Torres, 2007

Teniendo en cuenta que el transporte urbano es importante para los desplazamientos de personas y debido a que atraviesan la ciudad para conectar con otros municipios, se realizó la cuantificación de los derroteros que pasan en las vialidades críticas.

Este proceso incluyó aquellos que pasan sobre la vialidad y que atraviesan en sus intersecciones, lo que significa que, hay derroteros que no siguen la vialidad de inicio a fin, sino que toman otras vialidades para que otras rutas puedan completar un destino. Sin embargo, el número de derroteros en una vialidad es alto. Tal como se muestra en el cuadro 23, en Paseo Tollocan circulan unidades de transporte urbano de 295 derroteros, ocupando el primer lugar de las vialidades críticas. Mientras que José María Morelos y Pavón con 192 derroteros tiene una importancia alta comparando que esta vialidad que se encuentra completamente en el Centro de Toluca. Y en el caso de Venustiano Carranza es la que menor tránsito de derroteros tiene, tomando en cuenta que esta vialidad se extiende desde la Colonia Altamirano hasta San Buenaventura.

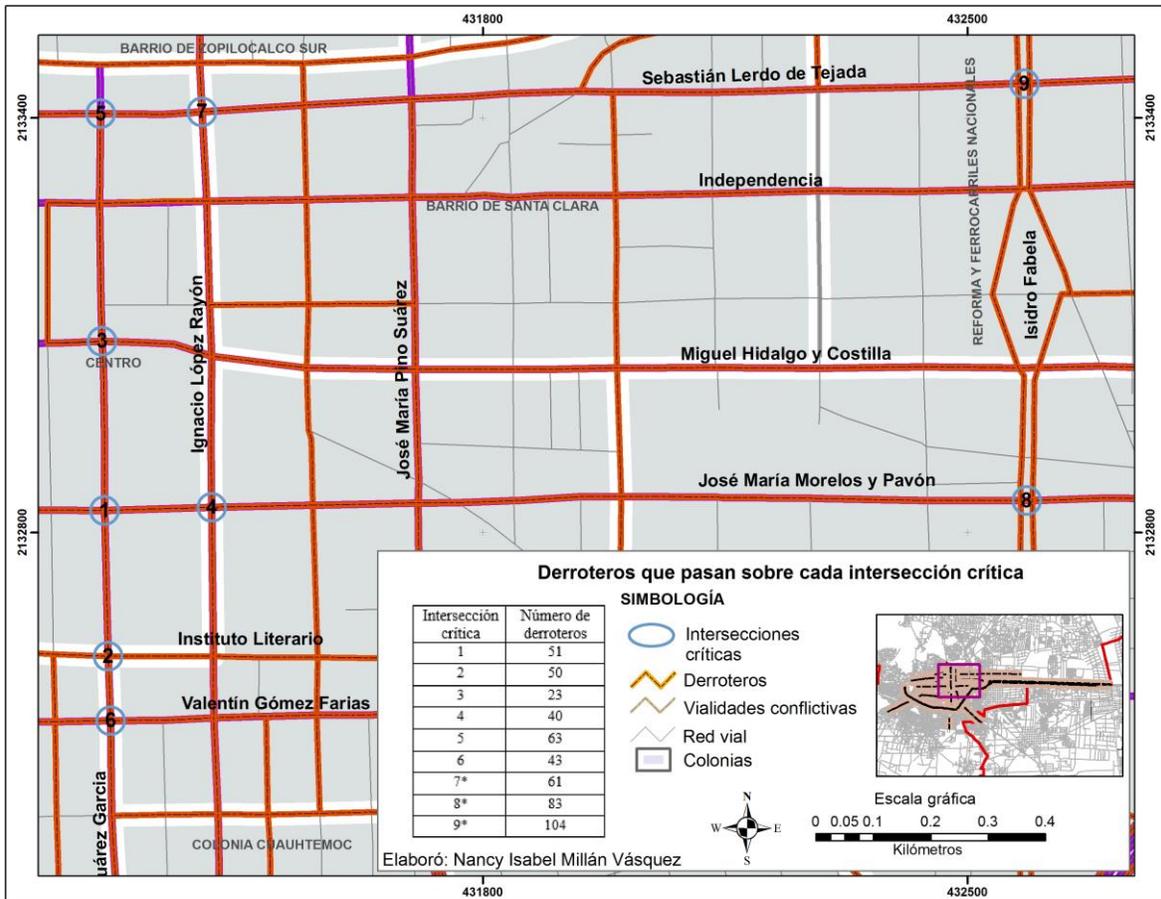
Cuadro 23. Importancia de la vialidad crítica por el número de derroteros.

Vialidad	Número de derroteros	Posición de la vialidad de estudio según el número de derroteros
Paseo Tollocan	259	1°
José María Pino Suárez	245	2°
Benito Juárez	197	3°
José María Morelos y Pavón	192	4°
Miguel Hidalgo y Costilla	182	5°
Ignacio López Rayón	178	6°
Valentín Gómez Farías	164	7°
Independencia	155	8°
Sebastián Lerdo de Tejada	144	9
Venustiano Carranza	95	10°

Fuente. Elaboración propia

En cambio, el comportamiento de los derroteros por intersección crítica es diferente; en el mapa 12 se observa que en la intersección 9 atraviesa un mayor número de derroteros, esto se debe a que tanto Sebastián Lerdo de Tejada e Isidro Fabela son vialidades principales para la ciudad. Este mismo comportamiento, pero con 83 derroteros que atraviesa es la intersección 8. Por otra parte, la intersección 5 muestra una importancia diferente considerando que en esta vialidad existe un flujo vehicular muy alto y es de importancia para la ciudad ya que en su extensión se ubican servicios de atracción.

En contraparte, en la intersección 1 atraviesan 51 derroteros, este número es menos de la mitad que atraviesan en la intersección 9. Tomando en cuenta que el comportamiento de los atropellamientos ocurridos es el más alto, se puede atribuir a la relación con otros factores. Al igual que la intersección 3, el cual tan sólo por el hecho de que atraviesen 23 derroteros y de tener una frecuencia alta de accidentes de tránsito (atropellamientos), no se le puede atribuir al flujo vehicular.



Mapa 12. Derroteros que pasan por cada intersección crítica.  
 Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.2 VOLUMEN PEATONAL (MOVILIDAD)

A causa de que los desplazamientos son provocados por un servicio de actividad atractivo y existe un medio de transporte que permite estos movimientos, las personas pueden caminar por cada manzana para satisfacer su motivo de viaje.

Debido a que las nueve intersecciones están ubicadas al norte en las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián, donde existe un flujo vehicular alto, y la oferta de servicios más atractivos (necesarios) para la población, el flujo peatonal aumenta en estos puntos.

De acuerdo con los resultados de flujoscopia peatonal<sup>3</sup> de Garrocho y Flores (2009) y Flores (2013), el pico de mayor flujo peatonal se registró en la intersección Miguel Hidalgo y Costilla y Benito Juárez alcanzando 142 mil peatones en los tres días de conteo (36 horas). Mientras que, el flujo más bajo con 5, 640 peatones se registraron en la periferia de su área de estudio.

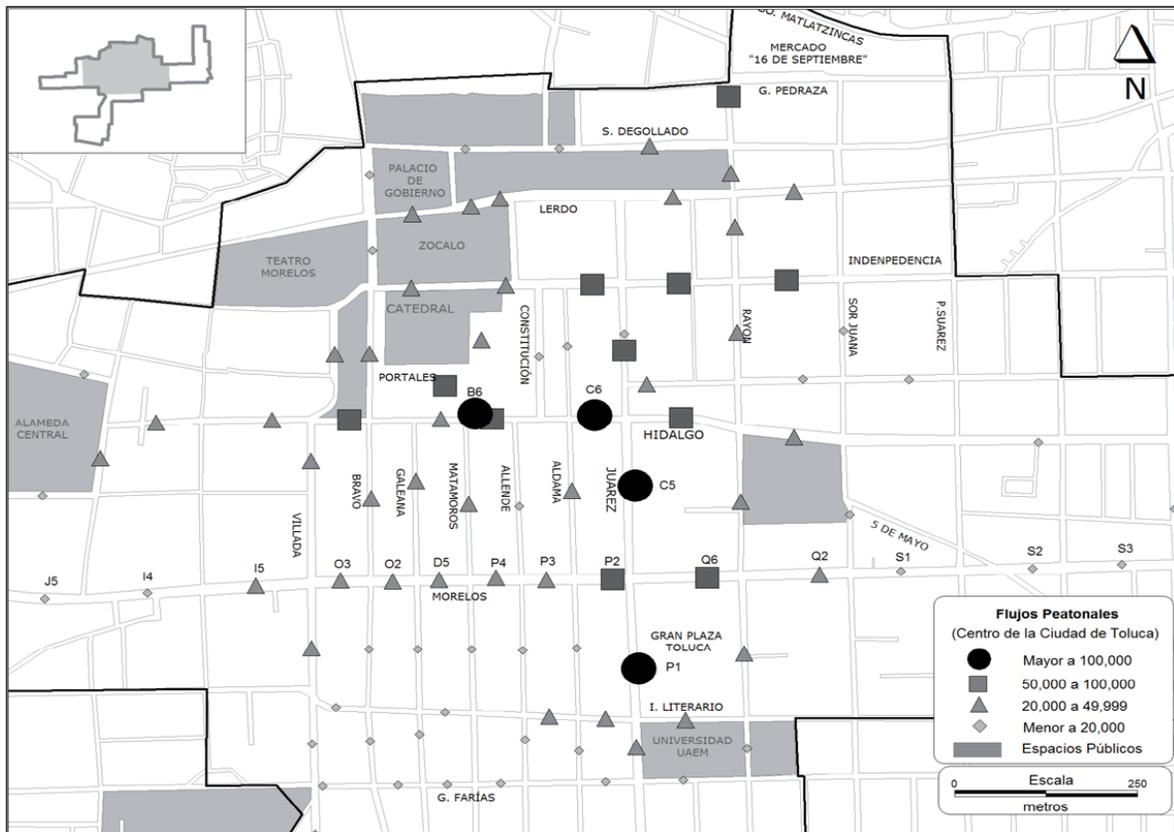
Los puntos con *Intensidad extrema*, es decir, el registro total mayor a 100 mil peatones se ubica en Miguel Hidalgo y Costilla desde Mariano Matamoros hasta Benito Juárez García, continuando hacia el sur hasta casi llegar a Instituto Literario. Con treinta puntos de conteo dispersos la *Intensidad Alta*, se registraron flujos peatonales de entre 49, 999 mil y 100 mil peatones totales. La *Intensidad Media*, con 52 puntos de conteo se registraron de entre 20 mil y 50 mil peatones. Y con menos de 20 mil peatones, la *Intensidad Baja* en 35 puntos de conteo.

Los registros de flujos peatonales menores o igual a 20 mil peatones coincidían con importantes vialidades del centro de la ciudad, que funcionan como "fronteras naturales" del centro. Además, evidencia que el centro no es una región homogénea. Los rangos que definen las zonas de intensidad de flujos peatonales muestran la vitalidad y atractividad de las mismas y por tanto se pueden considerar como zonas de oportunidad de negocios de diferentes niveles, tales como (mapa 13):

- i. Zona de intensidad peatonal extrema: flujos mayores a 100 mil personas
- ii. Zona de intensidad peatonal alta: flujos de 100 mil a 50 mil personas
- iii. Zona de intensidad peatonal media: flujos 49, 999 mil a 20 mil personas
- iv. Zona de intensidad peatonal baja: flujos menores a 20 mil personas. Zona no considerada en el CTN del AMT).

---

<sup>3</sup> De acuerdo con Flores (2013: 78), "la literatura reporta ejemplos de *análisis flujoscópicos* de peatones, aunque no delimitan los centros de ciudades permiten analizar su comportamiento y monitorear su evolución".



Mapa 13. Zonas por intensidad de flujos peatonales.

Fuente: Garrocho y Flores (2009)

Por lo tanto, comparando los resultados del estudio previamente citado, con la ubicación de las intersecciones críticas se puede contrastar que en las intersecciones 1, 2, 3, y 5 el flujo peatonal es de Intensidad Extrema. Tomando en cuenta que en la intersección crítica 3 se obtuvo el pico más alto del flujo peatonal. Mientras que en las intersecciones 4 y 6 predomina un flujo peatonal de Intensidad Alta y de Intensidad Media, la intersección 7. Mientras que, en las intersecciones 8 y 9 de Intensidad Baja.

Información que coincide con las intersecciones que el H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014), muestra como los flujos peatonales de mayor intensidad:

- Miguel Hidalgo tramo de Mariano Matamoros a Benito Juárez García.
- Benito Juárez García tramo Instituto Literario a Miguel Hidalgo

Y los flujos peatonales de alta intensidad:

- Intersección Gómez Pedraza – Ignacio López Rayón.
- Independencia tramo Constitución a Sor Juana Inés de la Cruz.

- Ex Concha acústica - Portales.
- Miguel Hidalgo tramo de Ignacio López Rayón a Nicolás Bravo.
- Morelos tramo de Ignacio López Rayón a Benito Juárez García

Por tanto, los dos proyectos previos sobre los flujos peatonales han permitido vislumbrar que el flujo peatonal está más ligado a la ocurrencia de atropellamientos de tránsito. Sin embargo, es importante aún considerar la infraestructura vial que permite dar seguridad peatonal a los ciudadanos que frecuentan esta zona.

### 3.2.3 INFRAESTRUCTURA PEATONAL

De acuerdo con el H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014) en la zona urbana de Toluca se presentan diversos tipos de señalamiento preventivo, restrictivo e informativo. En ocasiones estos se encuentran de manera confusa ya que se instalan en sitios poco adecuados como postes de luz y teléfono, incumpliendo con la norma vigente de altura y colocación para su correcta legibilidad. Incluso se carece una falta de señalización peatonal que informe de rutas de evacuación y señalización preventiva, principalmente en el centro. Para el caso de los señalamientos informáticos correspondientes a nomenclatura de calles, el último programa integral de nomenclaturas data de 1995.

También se cuenta con señalización horizontal en vialidades de jurisdicción municipal, algunas de estas señales se encuentran deterioradas y son poco visibles, por lo que requieren de mantenimiento constante. Los señalamientos son: cruces peatonales, flechas de sentido de circulación, raya de aproximación, raya de separación de sentidos, raya de alto, guiones, guarniciones y leyendas. En cuanto a la semaforización, se cuenta con 266 intersecciones viales semáforizadas: 162 controladas por el Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS) y 104 controladas por sistemas convencionales.

Con los recorridos hechos en la aplicación web de Google Earth (2016) de la infraestructura vial en cada una de las esquinas de las intersecciones críticas (mapa 14), se pudo constatar un deterioro de las mismas y como se mencionaba anteriormente por su ubicación no son fáciles de visualizar. De la intersección 1, en las esquinas 1 y 2 se nota la demarcación del cruce peatonal en ambos lados de la esquina, sin embargo, no se distinguen bien. Debido a

que en la esquina 1, los vehículos giran a la derecha aparte del semáforo vehicular existe un semáforo peatonal y hacia la esquina dos hay un señalamiento que advierte el cruce peatonal. En cuanto a las barreras de protección peatonal solo se pueden ver en la esquina dos, donde el ancho de la acera parece estar reducido. Mientras que, en la esquina uno, no hay barreras peatonales; lo que se presentan son obstrucciones por puestos ambulantes y postes de luz. Por el contrario, en las esquinas 3 y 4 los vehículos giran a la izquierda. En la esquina 3 no hay barreras peatonales pero las guarniciones están a nivel del pavimento lo que facilita el paso para personas con capacidades diferentes. Sin embargo, en la esquina cuatro hay barreras peatonales separadas entre sí para el paso de todo tipo de peatones.

En la intersección crítica 2 se puede notar que al igual que la primera intersección los cruces peatonales casi no se distinguen. En este caso se cuenta con semáforo peatonal en la esquina uno, además del señalamiento de advertencia del cruce peatonal. En este caso si se observa que las banquetas y guarniciones están adaptadas con rampas para personas con capacidades diferentes, y barreras de obstrucción para protección del monumento de Rectoría. Por otro lado, en las esquinas tres y cuatro hay barreras peatonales convencionales que permiten el paso del peatón. En este caso hay semáforo que indica el cruce hacia la esquina tres.

El caso de la de intersección crítica 3 muestra que, los peatones usan el cruce hacia la esquina uno y dos. Sin embargo, en la esquina uno, no se visualiza la demarcación del cruce peatonal, tal como del lado contrario que hay semáforo peatonal. A pesar de que existe un señalamiento que advierte el cruce peatonal, tanto el cruce de la esquina uno es peligroso porque hay giro vehicular a la derecha y el cruce de la esquina dos hay giro a la izquierda, se tornan peligrosos para el peatón al realizar los cruces. En cambio, el cruce entre la esquina tres y cuatro es segura puesto que hay semáforos en ambos lados y la demarcación se distingue a un 60%. En el caso de la esquina tres hay barreras peatonales, pero no obstruyen al peatón, sin embargo, en la esquina cuatro no las hay y parece que un poste de luz obstruye la banqueta para el flujo peatonal.

A diferencia de las anteriores en la esquina uno de la intersección crítica 4, hay un semáforo doble, es decir, para el cruce de ambos lados opuestos. En esta esquina se puede notar que hay obstrucciones por postes de cámaras de vigilancia y casetas telefónicas. En el caso de la esquina dos hay obstrucciones por postes de luz y casetas telefónicas. En ambas hay barreras

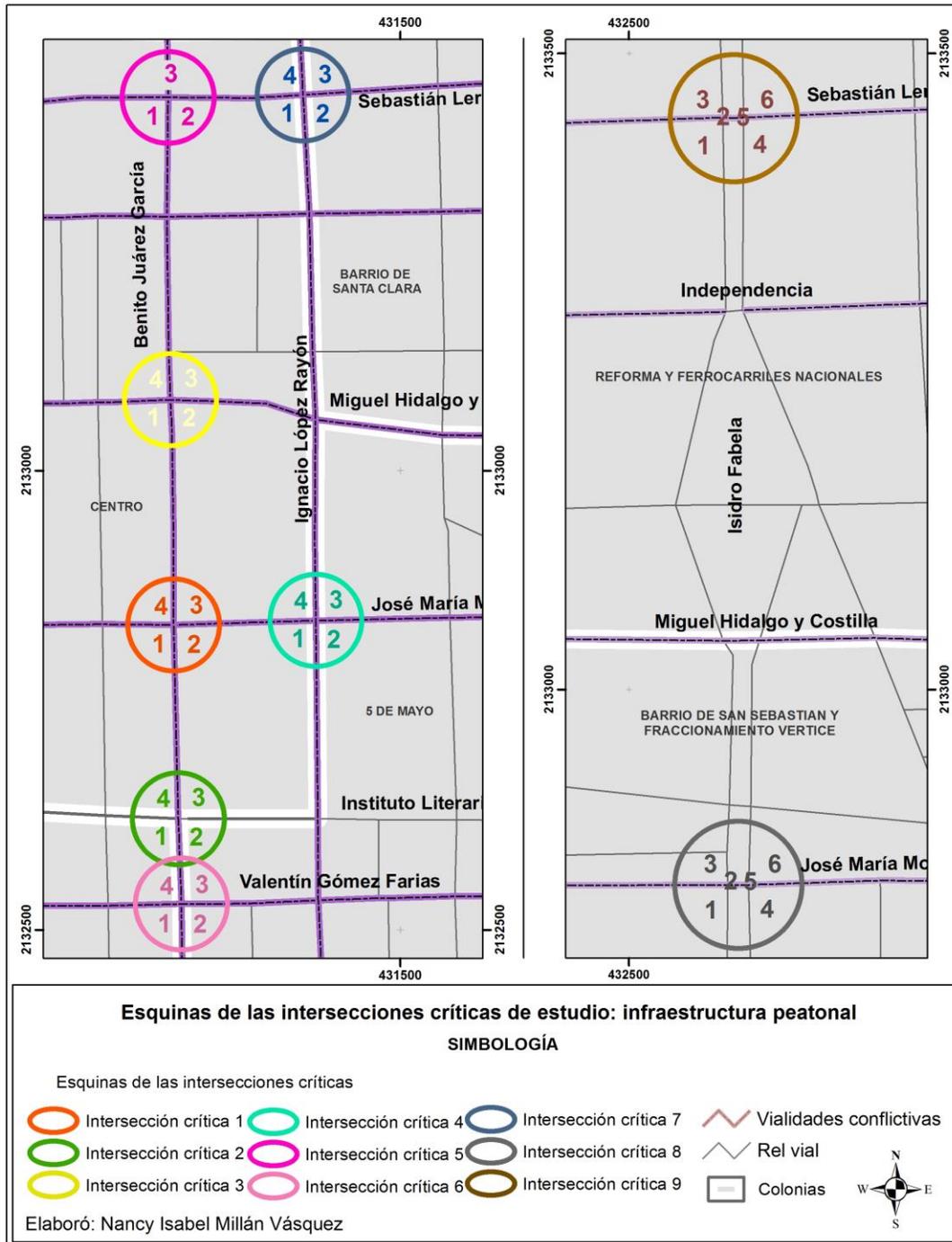
peatonales y se distingue un 30% el cruce peatonal. Sin embargo, en la esquina dos sólo hay semáforo hacia la esquina uno por lo que no es seguro el cruce hacia la esquina tres. En esta esquina se indican con señalamientos, la velocidad a la que se puede transitar, el tipo de vehículo que puede transitar, la prohibición de paradas de autobús y el estacionamiento, además, no hay barreras peatonales pero la extensión de la banqueta permite que puedan caminar los peatones. Hacia la esquina cuatro no hay semáforo que indique el cruce, pero en el pavimento se puede distinguir la demarcación peatonal.

En la esquina uno de la intersección crítica 5, hay varios señalamientos que indican restricciones para los conductores. Sin embargo, esto se reduce al haber obstrucciones por otros peatones y por puestos ambulantes. En la esquina dos y tres hay un semáforo que indica el cruce peatonal además de las barreras peatonales. En cambio, en las esquinas uno y dos de la intersección crítica 6 cuenta con señalamientos restrictivos y preventivos. Puesto que en la esquina uno advierte el cruce peatonal, la velocidad máxima y el prohibido estacionarse cerca. Mientras que en la esquina dos, se indica el cruce peatonal como acceso a una zona escolar, además, de estar condicionada con rampas para personas en sillas de rueda y barreras protectoras. Por el otro lado, en la esquina tres y cuatro se encuentra condicionada para el acceso de las dos anteriores. A pesar de que no hay semáforos peatonales se puede distinguir el cruce peatonal en el pavimento.

Las condiciones de la intersección crítica 7 son diferentes puesto que hacia la esquina uno, la anchura de la banqueta esta amplia en la esquina dos es más angosta y es por donde hay mayor flujo peatonal y por tanto obstrucciones por peatones, puestos ambulantes y postes de luz. El peligro hacia esta esquina aumenta debido a que los semáforos peatonales permiten el cruce por la esquina dos. Por el contrario, en las esquinas tres y cuatro la anchura de las banquetas es más amplia, sin obstrucciones y condicionadas para todo tipo de peatón.

En el caso de la intersección crítica 8, se marcaron seis esquinas considerando los refugios centrales de la vialidad Isidro Fabela. En general se encuentra en malas condiciones la infraestructura vial de esta intersección. Tal como se pueden ver en el pavimento, está desgastado con baches o agrietamientos lo que afecta en las aceras. Además, es necesario el mantenimiento de los cruces peatonales puesto que no se distinguen cuales están permitidos o no. Así como la falta de semaforización peatonal, esto es necesario debido a que es una

intersección de dos sentidos. Estas mismas condiciones se presentan en las seis esquinas de la intersección crítica 9, además de desgaste por quebradura en las guarniciones.



Mapa 14. Esquinas por cada intersección crítica.

Fuente: Elaboración propia

En general hace falta mantenimiento a la infraestructura, principalmente a las señales en el pavimento. Por esta razón, se verifican las condiciones en el apartado 3.4.1.

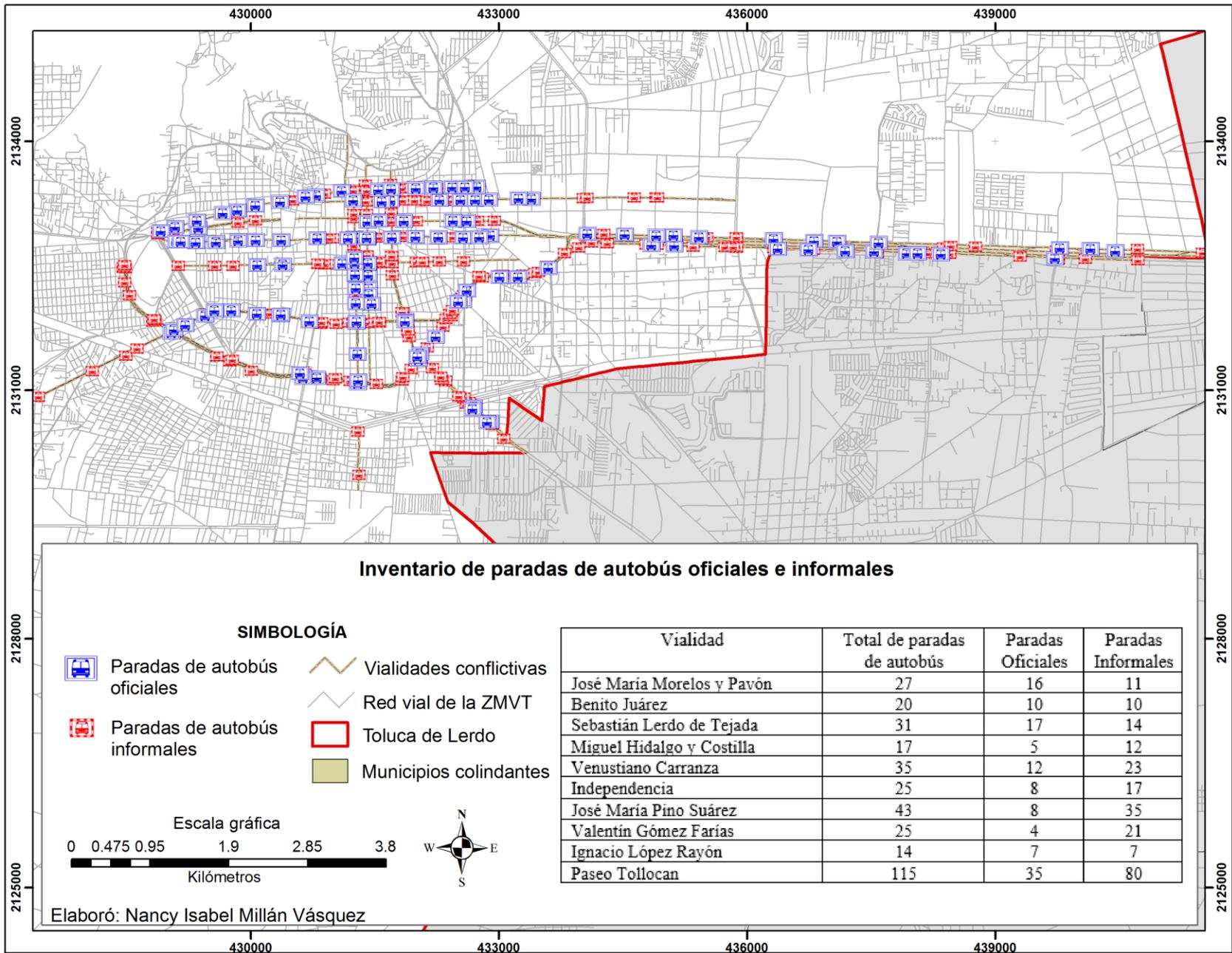
### 3.2.4 PARADAS DE AUTOBÚS PÚBLICO URBANO

Al ser las paradas de autobús público punto central para el problema planteado de la investigación. El proceso de identificación, depuración y análisis de la misma fue muy riguroso.

No obstante, con la actualización del inventario de paradas de autobús oficiales e informales se demuestra que hay más paradas informales que paradas oficiales. A excepción de José María Morelos y Pavón, Benito Juárez y Sebastián Lerdo de Tejada que tiene más paradas oficiales, sin embargo, las paradas informales sobrepasan el 50% de las primeras.

Tal parece que las paradas oficiales se distribuyen cercanas entre sí, pero esto sólo pasa al norte (en las colonias Centro, 5 de Mayo, Barrio Santa Clara, Reforma y Ferrocarriles Nacionales y Barrio San Sebastián), en las vialidades: Sebastián Lerdo de Tejada, José María Morelos y Pavón, y Benito Juárez. Mientras que en Venustiano Carranza sólo hay señalamientos oficiales en algunas intersecciones principalmente al oeste en las Colonias Federal Adolfo López Mateos, Morelos, y Venustiano Carranza, así como en intersecciones con Benito Juárez. En el caso de Paseo Tollocan que tiene paradas oficiales tan sólo en puntos importantes (mapa 15).

Debido a que no se distribuyen correctamente los puntos de ascenso y descenso oficiales e informales. A continuación, se muestra el comportamiento de acuerdo con su cobertura.



Mapa 15. Paradas oficiales e informales de autobús público en las vialidades críticas.

### 3.2.4.1 COBERTURA Y ESPACIAMIENTO DE PARADAS DE AUTOBÚS

Molinero y Sánchez (2007) mencionan que la cobertura del transporte público en los centros históricos de poblaciones en México es de 100% y esta va disminuyendo drásticamente conforme se tiende a áreas de una menor densidad o atracción. Tal parece que se comprueba en las vialidades críticas de la ciudad de Toluca.

El usuario de transporte público urbano dispone de 300 metros que son aceptables para caminar en 5 minutos en una zona urbana. Bajo esta premisa se puede comprobar que, en el Centro de Toluca, las paradas oficiales están muy cercanas entre sí. A medida que nos vamos hacia la periferia del centro, la distancia aumenta y las paradas oficiales disminuyen.

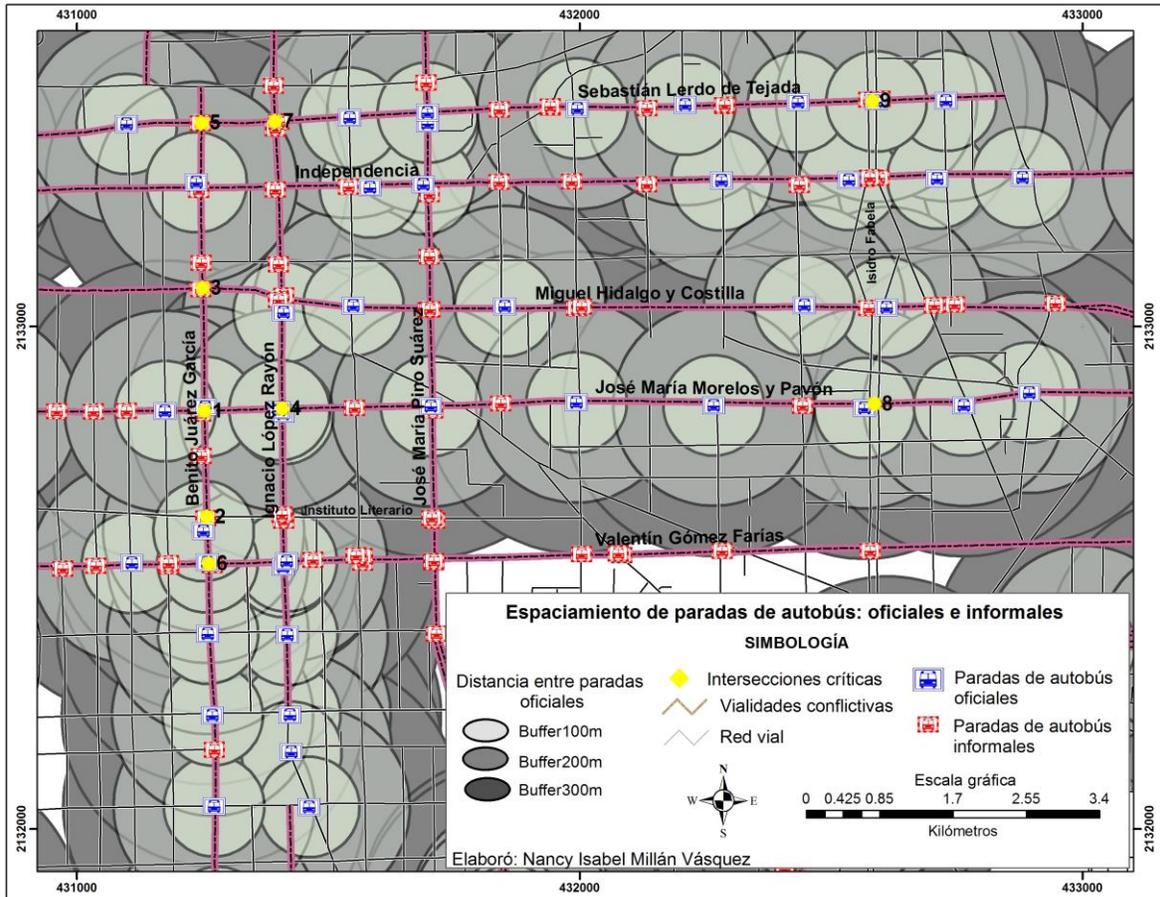
Tal es el caso de Venustiano Carranza y Benito Juárez donde las paradas oficiales son inexistentes al sur de Paseo Tollocan. En excepción está José María Pino Suarez que, si bien hay una distancia entre paradas hacia el sur en las colonias La Magdalena y Benito Juárez, vuelve a haber en los puntos donde los peatones realizan constantes transbordos: cercano a la vialidad Solidaridad las Torres. Y en Paseo Tollocan las paradas oficiales se concentran en puntos de trasbordo, zonas industriales o comerciales, es decir, puntos de acceso importante para los usuarios.

El servicio de transporte funciona a lo largo de todas las vialidades críticas debido a que hay paradas informales en donde las paradas oficiales no cubren las largas distancias. Esto principalmente en Paseo Tollocan e Independencia.

En el Centro de Toluca, las paradas informales se localizan muy cercanas a las paradas oficiales, generando que la frecuencia de paraderos sea mayor (un punto de ascenso o descenso por esquina), lo cual, para el funcionamiento adecuado del flujo vehicular, este comportamiento incrementa la ralentización de las vialidades. Provocando que los conductores puedan hacer maniobras inadecuadas y afecten a terceros (conductores, peatones u otros).

Por lo tanto, el espaciamiento de las paradas oficiales en la ciudad de Toluca permite la accesibilidad a cada una de ellas. Aunque también se puede notar que la frecuencia de las paradas informales es constante, lo que ocasiona problemas en el flujo de tránsito. Considerando los sentidos de las vialidades de cada intersección crítica se puede notar que la

frecuencia de las paradas de autobús cambia. Razón por la que se generan estas paradas informales. Sin embargo, la distancia entre estas paradas oficiales se encuentra a un mínimo de 50 metros y un máximo de 200 metros, por lo que es de fácil acceso entre una y otra (mapa 16).



Mapa 16. Espaciamiento de paradas de autobús: oficiales e informales.  
Fuente: Elaboración propia

Para las intersecciones críticas, por su ubicación permite el acceso a las paradas oficiales haciendo consideración al área aceptable para caminar (300 metros) entre una parada u otra. A excepción de la intersección crítica 3 que se encuentra en el límite de los 300 metros para las paradas oficiales más cercanas.

Con la identificación de esta problemática se logró avanzar en la identificación de las paradas de autobús que son conflictivas para la seguridad peatonal.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE PARADAS CONFLICTIVAS

Una densidad alta del flujo vehicular está relacionada a un alto flujo peatonal y éste es causado por la atraktividad de las actividades económicas que ofrece un lugar (usos de suelo urbano), considerando que el transporte automotor es un medio para tener acceso al destino que cada individuo de la población desea. Con el medio de transporte elegido, automóvil particular o el transporte urbano público, se debe tener conocimiento de las normas de tránsito vial. Por su parte, el transporte urbano público tiene restricciones que son: rutas establecidas y, por ende, las paradas establecidas. Con el mal funcionamiento de algún elemento anterior, el sistema de transporte se ve afectado, dando pauta a que tanto usuarios y conductores se vean afectados, así como la seguridad vial.

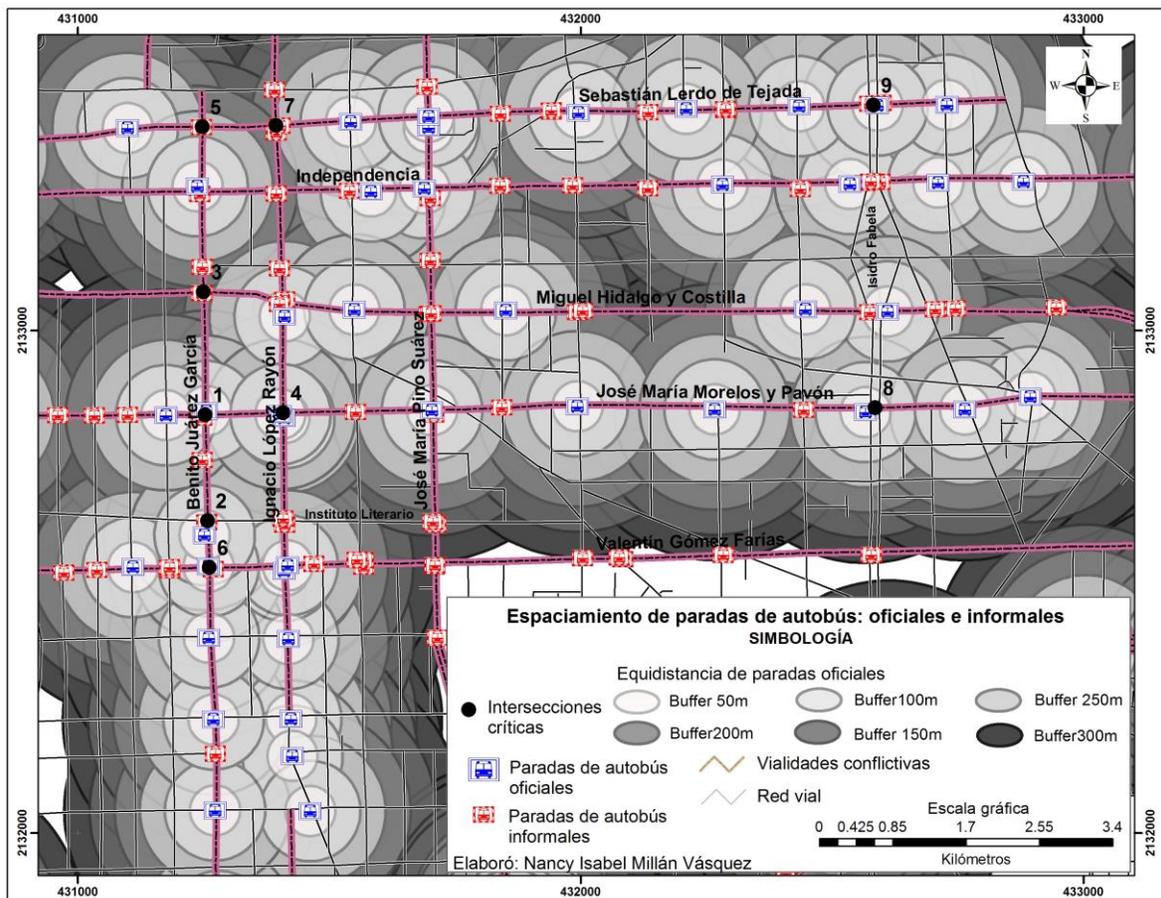
Ante el desconocimiento del modo en que ocurrieron los atropellamientos y en vista del comportamiento de la cobertura de las paradas de autobús oficiales. Se propuso encontrar la relación existente entre estos dos como parte del fallo del sistema de transporte de la ciudad de Toluca. Con los resultados obtenidos se sugiere que se compruebe que el peatón es vulnerable y que deben tomarse medidas para mejorar la seguridad peatonal.

#### 3.3.1 RELACIÓN ENTRE PARADAS DE AUTOBÚS Y ATROPELLAMIENTOS

Con el modelo de proximidad lineal, establece que la distancia mínima que un usuario del transporte público urbano considera como aceptable para caminar entre una parada de autobús oficial y otra, es de 300 metros en 5 minutos. Al hacer zonas de influencia de 50 metros, se puede observar que la distancia mínima de las paradas oficiales se encuentra a 50 metros y como máximo de 150 metros.

En cuanto a la distancia entre una parada de autobús oficial y otra que se encuentra cercana a alguna intersección crítica, se localizan entre los 100 metros de radio. De las cuales, dentro del *área de influencia de 50 metros* de radio, las intersecciones 1, 2, 4, 6, 8 y 9 cuentan con al menos una parada oficial. Por otra parte, las intersecciones 3, 5 y 7 no cuentan con paradas de autobús oficiales próximas. Pero estas intersecciones están rodeadas de paradas de autobús oficiales a una distancia próxima de entre 100 metros a 200 metros, por lo que aún es aceptable caminar para el usuario (mapa 17).

Por otra parte, considerando el área de influencia de las paradas de autobús oficiales se encontró que dentro del mismo radio del área de influencia donde se encuentran las intersecciones críticas, se ubican paradas informales (mapa 17). Tal es el caso en las intersecciones, 1, 2, 4, 6 y 9: Lo cual podría significar que, por el sentido de los cruces, las paradas oficiales de esas intersecciones no son suficientes para las rutas de autobús urbano. En el caso de la intersección 8 no hay paradas informales dentro del área de influencia de 50 metros.

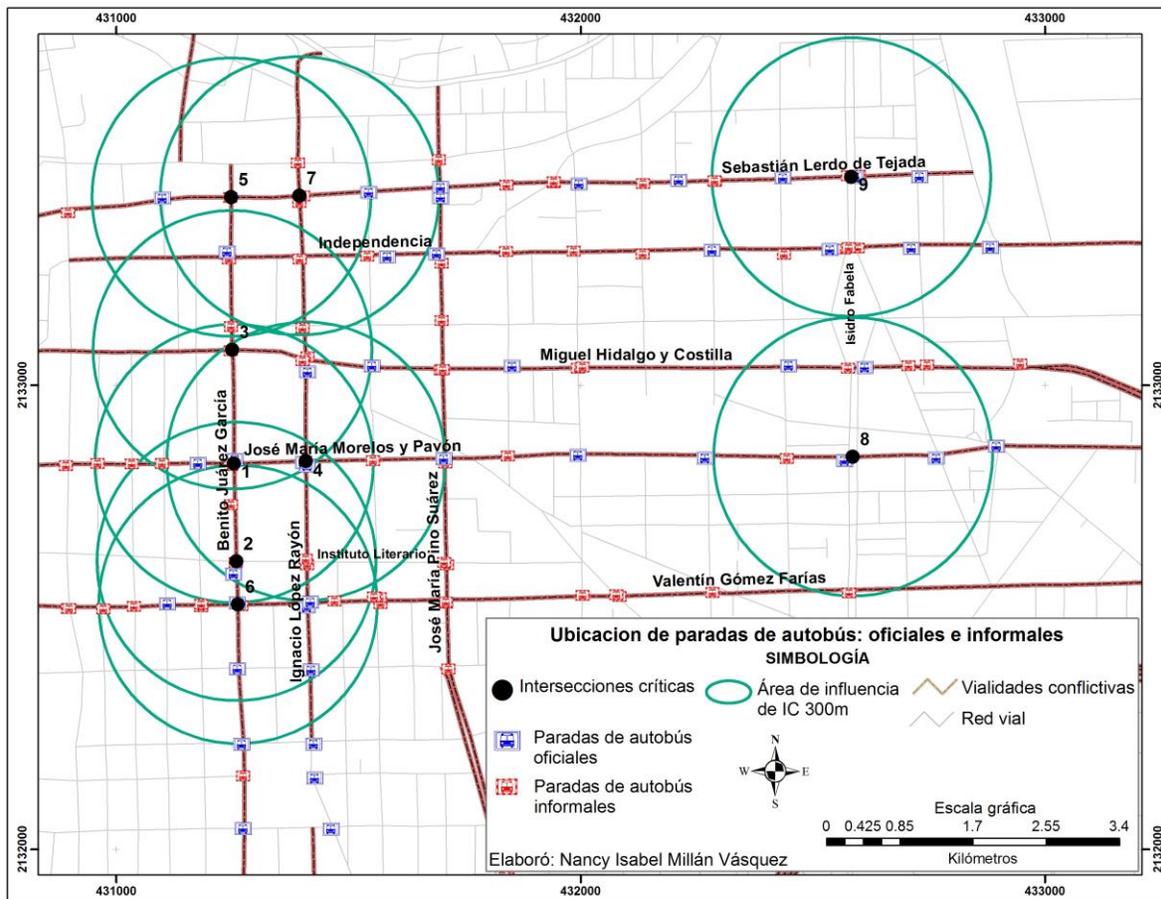


Mapa 17. Espaciamiento entre paradas de autobús oficiales e informales.  
Fuente. Elaboración propia

Comparando los datos de las áreas influencia de las paradas oficiales con la ubicación de las paradas informales cercanas a las intersecciones críticas, se puede observar que para el caso de las intersecciones 3, 5 y 7 hay paradas informales entre el área de influencia de 50 metros. Lo que demuestra que esta zona es frecuente para el usuario, permitiendo que puedan realizarse estas maniobras, aunque estén prohibidas.

En general las paradas informales se distribuyen en los cruces donde no hay señalamiento de parada de autobús oficial. Abarcando todos los cruces de las vialidades dando cobertura en cada esquina para el transporte urbano. Se demuestra que al menos en estos cruces no es insuficiente el acceso al transporte urbano. Por lo que, la problemática por el acceso no es válido para las intersecciones puesto que caminar entre 50 a 100m no dificulta al usuario. Sin embargo, la presencia de atropellamientos en esta zona si es frecuente.

Con base en lo anterior, se marcó un área de influencia de 300 metros de radio a partir de las intersecciones críticas para demostrar todas las paradas de autobús que son accesibles para el usuario y que están a la distancia aceptable caminar (mapa 18).



Mapa 18. Ubicación de paradas: oficiales e informales.  
Fuente: Elaboración propia

Lo que comprueba las siguientes premisas:

1. A menos de 300 metros hay paradas de autobús oficiales con intersecciones críticas próximas. A excepción de las intersecciones 8 y 9, que están alejadas de las demás.

2. Paradas de autobús oficiales sin intersecciones críticas próximas no es válida puesto que las paradas se ubican a una distancia entre 100 a 200 metros como máximo, ocasionando una sobreposición de las mismas para las intersecciones críticas. Sucede lo mismo con las paradas informales.
3. Intersecciones críticas sin paradas de autobús oficiales. Se comprueba en las intersecciones, 3, 5 y 7 en un radio de 50m. Sin embargo, a partir de éstas a un radio de 300 metros si existen paradas, principalmente informales.

En conclusión, este factor se relaciona mucho con los atropellamientos ya que al realizarse más paradas (informales), los peatones buscan la forma para tener acceso a ellas.

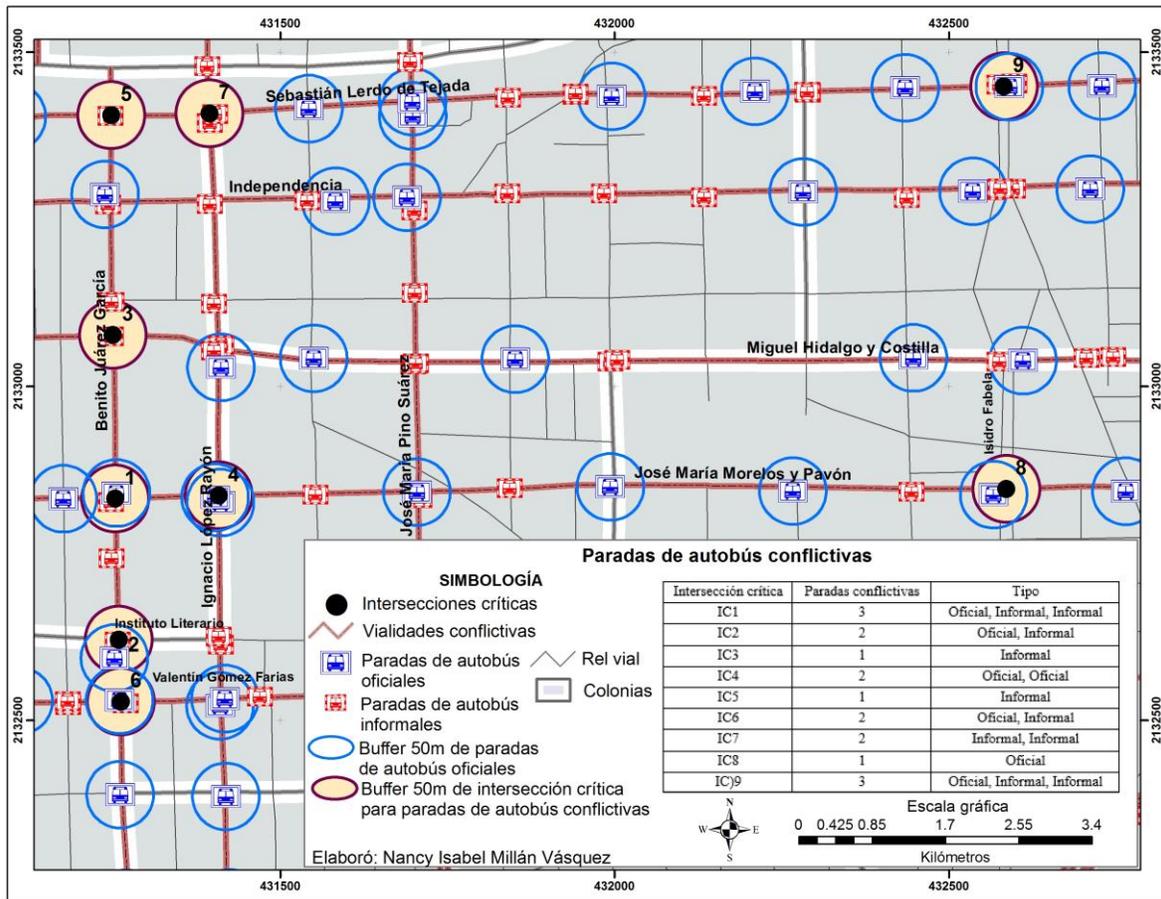
### 3.3.2. PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS DE LAS INTERSECCIONES CRÍTICAS

Por lo tanto, tomando en cuenta que el espaciamiento de las paradas de autobús oficiales es accesible para los usuarios, se definieron como paradas conflictivas para el peatón a aquellas que se ubicaban más cerca de las intersecciones críticas a partir de que las paradas oficiales están normalizadas por parte de las instancias correspondientes, sin embargo, al no cubrir las necesidades del peatón se generan otras (paradas informales) provocando fallos en el flujo de tránsito y que se ocasionen accidentes de tránsito. Esto para entender que las paradas oficiales marcadas no son suficientes por lo que se están ocasionando conflictos.

Anteriormente, se definió un área de influencia de 50 metros para las paradas oficiales en la cual, las paradas oficiales están muy cerca de las intersecciones críticas y podrían considerarse conflictivas. Sin embargo, como en las intersecciones 3, 5 y 7 no hay paradas oficiales, pero si la presencia de atropellamientos, se le atribuye a la presencia de paradas informales debido a que siguen siendo paradas de autobús que los usuarios realizan a pesar de que no tienen la señalización autorizada para considerarse paradas oficiales y mientras sigan frecuentándose, estas paradas informales son aún más conflictivas aumentando la vulnerabilidad del peatón.

Por esa razón, se marcaron como paradas de autobús conflictivas con base en el área de influencia de 50 metros de radio a partir de cada intersección crítica. Es decir, se tomaron en cuenta a todas las paradas de autobús tanto oficiales como informales que se encontraban

dentro de esta área (mapa 19). Se puede observar que son un total de 17 paradas de autobús conflictivas de las cuales diez son paradas informales, lo que significa que estas podrían generar mayor conflicto peatonal, sin embargo, más adelante se hace una revisión de estas a partir del comportamiento del peatón en cada una.



Mapa 19. Paradas conflictivas para el peatón.  
 Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 CONFLICTOS

Por lo tanto, los conflictos que se presentan en estas intersecciones son:

- ⊗ Tanto en la Intersección crítica 1 como en la Intersección crítica 2: se presentan tres paradas de autobús de las cuales dos son informales. En este punto el flujo peatonal de intensidad extrema y un flujo vehicular alto.
- ⊗ Intersección crítica 3: se presenta el pico más alto del flujo peatonal. En esta intersección no hay paradas oficiales, la más cercana está entre 250 a 300m de distancia.

- ⊗ Intersección crítica 4: se ubican dos paradas de autobús oficiales y ninguna informal. El flujo peatonal en esta intersección que es de intensidad alta.
- ⊗ Intersección crítica 5: el flujo peatonal de esta intersección es de intensidad alta con respecto a Benito Juárez y de intensidad media en Sebastián Lerdo de Tejada. Las paradas de autobús son informales pues una zona de tránsito alta.
- ⊗ Intersección crítica 6: el flujo peatonal de esta intersección es de intensidad media, pero se ubican tres paradas de autobús, las cuales solo una es oficial.
- ⊗ Intersección crítica 7: esta intersección no cuenta con paradas de autobús, sin embargo, es importante para los peatones por su cercanía a servicios de gobierno como el H. Ayuntamiento de Toluca, el Palacio de Gobierno del Estado de México, entre otros. El flujo peatonal es de intensidad media.
- ⊗ Intersección crítica 8 e Intersección crítica 9: presentan mayores conflictos por accidentes vehiculares. El flujo peatonal es de intensidad baja, pero se localizan tres paradas de autobús, las cuales dos son informales.

### 3.4 VERIFICACIÓN DE PARADAS CONFLICTIVAS

#### 3.4.1 EVALUACIÓN DE UBICACIÓN DE PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS

Con la observación de recorridos en campo sobre las condiciones de ubicación de las 23 paradas de autobús se pudo evaluar que el estado del señalamiento de la parada de autobús, la infraestructura peatonal, y el tiempo de semaforización son aceptables para la seguridad del peatón (anexo 4). Pues estos indican las prevenciones que deben de hacerse.

Sin embargo, el comportamiento del peatón o bien usuario del transporte público (pasajero) influye mucho en el funcionamiento del sistema del transporte debido a que estos, en muchos casos, cruzan de forma adecuada por la demarcación del cruce peatonal o esperan el tiempo del semáforo siempre y cuando los vehículos estén completamente en espera.

Al momento en que los peatones cruzan para llegar a una parada de autobús (oficial o informal) los conductores de los vehículos particulares se esperan los altos para ceder el paso, pero en caso de los carriles donde se puede girar ya sea a la izquierda o derecha, se presenta conflicto para el peatón ya que en muchas ocasiones los conductores no usan sus luces

direccionales. Esto provoca que los peatones esperen sin poder cruzar o algunos otros cruzan corriendo lo que aumenta el riesgo por atropellamiento. Otros incidentes al realizar estos giros eran con los conductores de autobuses pues estos realizaban maniobras desde el segundo carril lo que bloquea ver que va a pasar un peatón, o también, realizaban paradas bruscas sin usar luces de las direccionales bloqueando el paso para cruzar.

Otro factor que se pudo notar fue que el hecho de que no se distingan los cruces peatonales en el pavimento influye mucho en el peligro de ser atropellado. Puesto que en los cruces donde los automóviles giran ya sea a la derecha o la izquierda según el sentido de la vialidad, estos se vuelven peligrosos porque los usuarios no saben en qué momento cruzar ya que en algunos cruces no hay semáforos peatonales por lo que no se permite cruzar en algunas esquinas, tal como se mencionaba en la descripción de la infraestructura vial.

Por otra parte también, la velocidad permitida según los señalamientos es de 20 km/h, lo que implica que esto no afecta a la seguridad del peatón. Pero como no se midió la velocidad real a la que circulaban los vehículos, esta quedó a la expectativa. Ahora bien, en cuanto a los peligros en las paradas de autobús, si hay conflicto principalmente en las informales ya que al no estar oficialmente establecidas los autobuses se ven obligados a realizarlas. Esto implicaba los cambios bruscos de velocidad afectando a los vehículos y a los peatones porque en muchas veces descienden en el segundo carril.

Por último, las condiciones de estas esquinas están adaptadas para la circulación de peatones en sillas de ruedas. Pues hay rampas para su paso, sin embargo, el problema está en el ancho de las aceras. Por ejemplo, en la esquina 2 de la intersección crítica 7, es una parada informal, la demarcación del cruce puede distinguirse, pero aun así hay semáforo peatonal, su problema está en que se realizan muchos descensos de pasajeros y el ancho de la acera es de un metro, además que obstruyen los carritos de los vendedores ambulantes (fruta/papas fritas); esto implica que sea conflictiva.

Otros señalamientos priorizan a los peatones, estos indican a los conductores la advertencia de cruces peatonales e incluso el tipo de peatón que cruza, es decir, en zonas escolares indican que los cruces son preferentes para los niños o también cuando dan preferencia a ciclistas.

Por otra parte, los peatones tienen una percepción diferente sobre la seguridad en el entorno para su acceso a las paradas de autobús.

### 3.4.2 PERCEPCIÓN DEL PEATÓN A LA SEGURIDAD DE LAS PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS

La frecuencia de las paradas conflictivas es del 76.67%, de las cuales un 56.67% son utilizadas como transbordo (anexo 5.3), es decir son frecuentadas para continuar hacia otro destino. El Centro de Toluca es el principal destino de las personas que viajan desde diferentes colonias del municipio o bien de municipios colindantes como Zinacantepec, Metepec, Lerma, Calimaya, Santiago Tianguistenco o bien es un punto de transbordo hacia otras colonias del municipio o municipios como Tenango del Valle (anexo 5.1).

De la población encuestada, los que más transitan por la ciudad son los jóvenes. De toda la muestra tienen más presencia los hombres (52%), sin embargo, las mujeres tienen un gran porcentaje de presencia en estos desplazamientos (anexo 5.2), de los cuales, son los jóvenes los que más transitan por la ciudad. Sus motivos de viaje son (anexo 5.4) por trabajo (36%), por compras (30%), por estudio (22%), por ocio (7%) y el 5% por cuestiones personales. Tardando en autobús (anexo 5.5) de entre 30 minutos (42%) a 1 hora (30%).

El conocimiento de las paradas oficiales según los usuarios es porque las paradas se hacen en esos puntos (47%), aunque estos sean informales. Otros se guían por el semáforo (28%) intuyendo que solo así se pueden realizar las paradas o bien se guían por los policías de tránsito (2%). Mientras que solo el 23% conoce los señalamientos oficiales (figura 33).

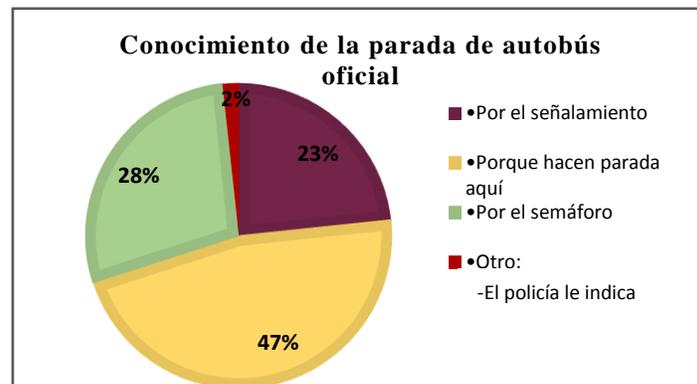


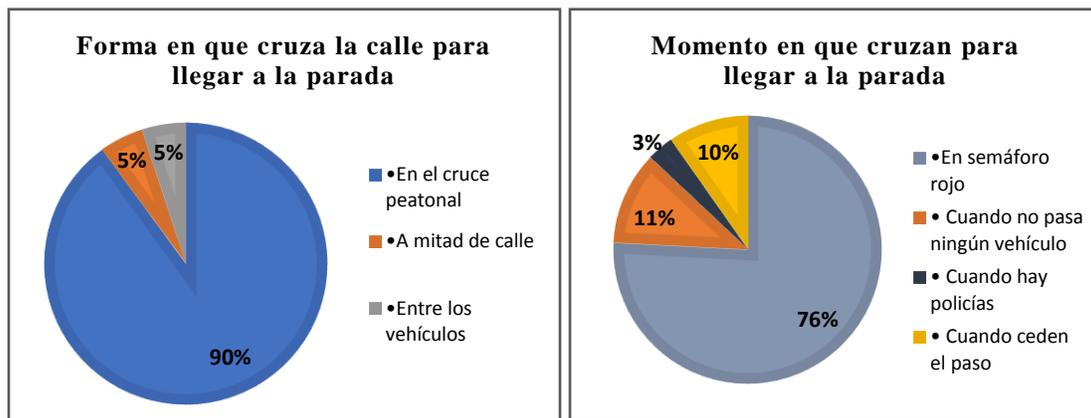
Figura 33. Conocimiento de las paradas de autobús oficiales.

Fuente: Elaboración propia

Con esta información se obtuvo que los usuarios realizan las paradas según la ruta de destino.

Sin embargo, antes de realizar la parada al autobús urbano, los usuarios caminan y cruzan a la vialidad por la que pase la ruta. Por esta razón, se le preguntó si consideraban seguro el paso peatonal para poder cruzar a la parada, el 70% respondió que sí, de los cuales el 60% se sienten seguros al cruzar. El 95% dicen que respetan el semáforo peatonal y en caso de no haberlo esperan el semáforo vehicular para poder cruzar (anexo 5.6).

Debido a que esperan el semáforo para cruzar el 90% prefiere cruzar en el cruce peatonal, mientras que otro 5% prefiere cruzar entre los vehículos siempre y cuando estos, estén en alto (figura 34 y 35).



Figuras 34 y 35. Comportamiento de peatón: prevención de peligros.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la percepción de seguridad en los señalamientos, el 55% de los encuestados considera que no son suficientes y en su opinión ellos creen que deben implementarse más señalamientos de paradas de autobús, pintar los cruces peatonales, dar mantenimiento para que se vean los señalamientos existentes y que se dé más tiempo para cruzar. Por lo que, ellos recomiendan que haya más policías de tránsito (41%), mientras que, el 8% opinaron que antes del mantenimiento deben de mejora la educación vial y capacitar a los policías de tránsito pues en ocasiones no hacen nada (anexo 5.7).

Por otra parte, la percepción de quién es más imprudente al manejar, son en primer lugar los autobuses urbanos pues hacen muchas paradas, en segundo los taxis, en tercero los automovilistas particulares y el último lugar opinaron que los mismos peatones jóvenes son imprudentes en las vialidades porque no respetan los tiempos de los semáforos (anexo 5.8).

Por último, se sustentan estas opiniones con base en el conocimiento de las normas de tránsito. Por este motivo al preguntarles si conocían el Reglamento de tránsito, el 91.67% dijeron que; si lo conocen, pero tan sólo el 60% lo han leído. Ante su sorpresa de no haberlo leído, ellos opinan que todos deberían leerlo (anexo 5.9). Y para un mejor funcionamiento el 95% de los encuestados consideran que se enseñe desde niños, mientras que el 5% opina que no es necesario enseñarlo desde la niñez pues es una responsabilidad propia (anexo 5.10).

Estos resultados demuestran que al menos en estas intersecciones el peatón influye mucho en que las paradas de autobús sean conflictivas o no. Y que el desconocimiento de su entorno favorezca esta problemática.

### 3.5 ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE SEGURIDAD PEATONAL

En conclusión, las paradas conflictivas para la seguridad del peatón se consideraron como aquellas paradas de autobús que se encontraban dentro de un área de influencia de 50 metros a partir de cada intersección crítica. Por un lado, fueron aquellas paradas que establecen los usuarios del transporte (pasajeros) y que no están permitidas: paradas informales. Estas se localizan comúnmente en las esquinas de los semáforos debido a que tienen un cruce con dos sentidos. Y, por otro lado, a las paradas oficiales al ubicarse sobre una vialidad, los pasajeros marcan otras por accesibilidad a los servicios que ofrecen.

Siendo así, es importante recalcar que en las intersecciones se ubican al menos una parada informal, a excepción de la intersección 4 que las dos paradas son oficiales (mapa 20). En las intersecciones 1 se realizan dos paradas informales, una sobre José María Morelos y Pavón que está totalmente prohibida por el giro a la derecha de los automóviles o autobuses y por el intenso flujo peatonal, mientras que la otra es incongruente pues hay una parada oficial antes de del semáforo o bien descender en la siguiente parada oficial perteneciente a la intersección crítica 2. En esta de igual forma se realizan dos, una muy cercana a la oficial, pero no se toma porque todos hacen paradas ahí.

Tanto la parada de autobús oficial de la intersección 2 y 6, están muy cercanas entre sí (aproximadamente 5 metros), lo que no distingue cuál es de cada intersección. Sin embargo, los peatones la siguen frecuentando en el punto informal pues a opinión de ellos, lo prefieren

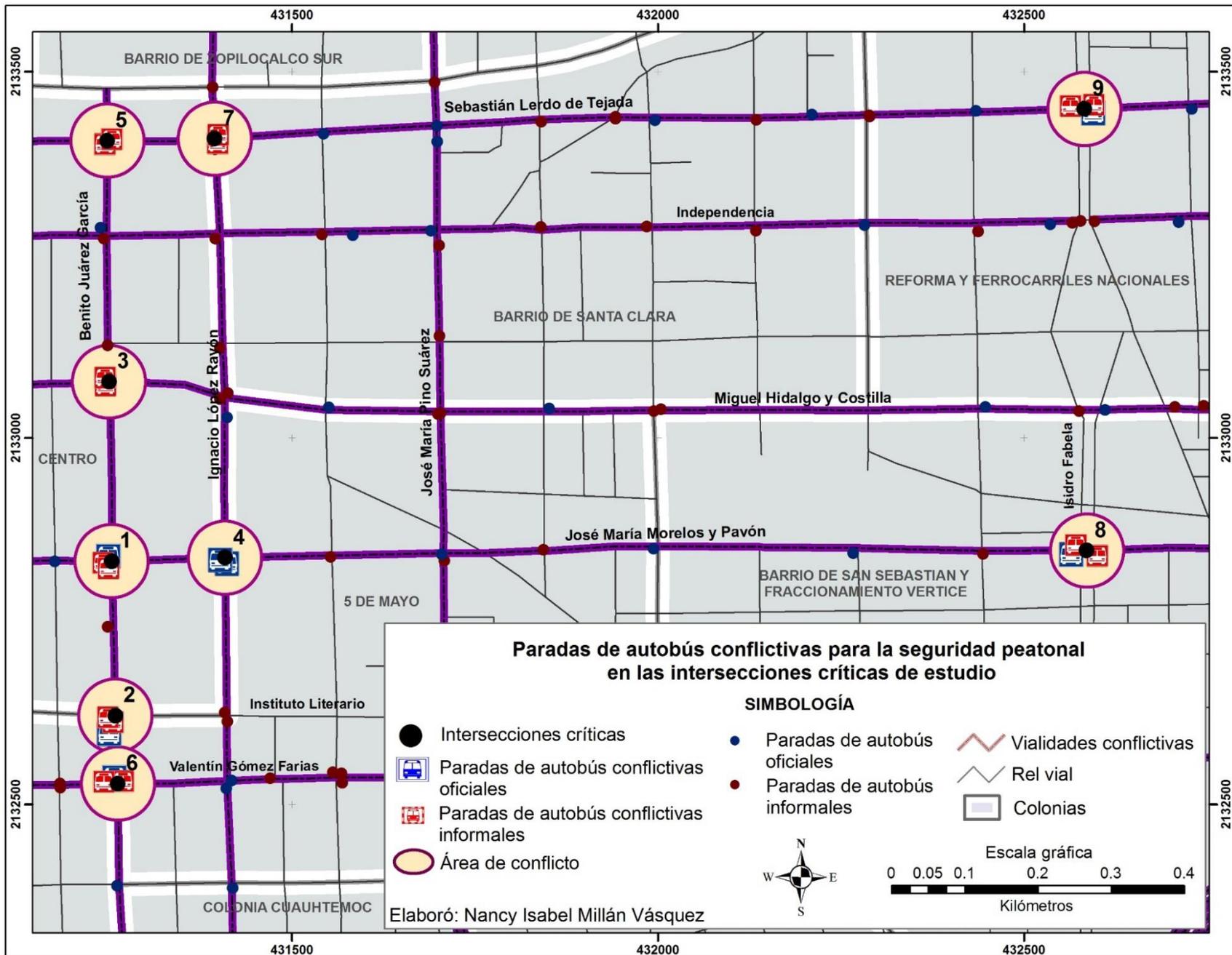
porque los autobuses hacen paradas ahí al ver que hay mucha gente esperando incluso muchos de los encuestados desconocían el señalamiento de las paradas oficiales.

Por otra parte, en las intersecciones críticas 3, 5 y 7, todas las paradas que se realizan son informales. Los datos de flujos peatonales indican que en estas intersecciones la intensidad del flujo es intenso y medio para el caso de la intersección 7. Sin embargo, los peatones las frecuentan porque les queda más cerca a los servicios que se ofrecen en esas manzanas (gobierno, comercio, ocio, recreación). Por el contrario, en la intersección 4 las dos paradas son oficiales permitiendo que puedan tomarse los autobuses en ambos sentidos.

Sin embargo, las intersecciones 8 y 9, tienen tres sentidos en los cruces lo que favorece a que las paradas informales sean frecuentes, es decir, antes y después del semáforo. El comportamiento de los peatones en las paradas de autobús de estas intersecciones es diferente a las demás, pues al haber un refugio permite que el usuario tenga más tiempo para cruzar los dos sentidos de la vialidad Isidro Fabela. Por esta razón, a pesar de que la infraestructura necesite mantenimiento se cree que los atropellamientos son menos frecuentes ya que los conductores pueden preverlo.

Con base en los análisis de los factores que influyen en la ocurrencia de accidentes de tránsito, el análisis de relación de paradas con las intersecciones críticas, las observaciones del entorno a las paradas de autobús y la percepción de la seguridad en torno a las paradas de autobús, se realizó un resumen (cuadro 24), el cual define las principales problemáticas de las paradas conflictivas.

Por lo tanto, debe prestarse atención para el mejoramiento de la seguridad peatonal en estos puntos críticos. Tomando en cuenta que las paradas de autobús son importantes y que se deben replantear la ubicación de éstas y todas las del municipio apoyándose de las rutas del transporte público.



Mapa 20. Paradas de autobús conflictivas para la seguridad peatonal en las 9 intersecciones críticas.

Cuadro 24. Análisis de los problemas de seguridad peatonal.

Intersección crítica	Paradas conflictivas			Impacto		Conflictos relacionados					
	Total	Oficial	Informal	Accidentes de tránsito (total)	Atropellamientos	Principal ocupación del suelo urbano	Infraestructura peatonal	Flujo vehicular	Flujo peatonal	Peligros del comportamiento vehicular	Comportamiento del peatón
1	3	1	2	74	6	-Comercio al por menor -Recreativas	Aceptable	Muy alto	Intensidad extrema	Muy alto	Poco aceptable
2	3	1	2	65	4	-Comercio al por menor -Educación	Aceptable	Muy alto	Intensidad extrema	Alto	Poco aceptable
3	2	0	2	52	4	--Comercio al por menor -Recreación	Aceptable	Muy alto	Intensidad extrema	Muy alto	Poco aceptable
4	2	2	0	47	4	-Recreación	Aceptable	Muy alto	Intensidad alta	Medio	Aceptable
5	2	0	2	49	3	-Comercio al por menor -Gobierno -Recreativa	Aceptable	Muy alto	Intensidad extrema	Alto	Poco aceptable
6	3	1	2	27	3	-Comercio al por menor -Educación	Aceptable	Muy alto	Intensidad alta	Medio	Aceptable
7	2	0	2	53	2	-Comercio al por menor -Gobierno	Aceptable	Muy alto	Intensidad media	Alto	Poco aceptable
8	3	1	2	51	2	-Comercio al por menor	Poco aceptable	Muy alto	Intensidad baja	Muy alto	Muy poco aceptable
9	3	1	2	58	1	-Comercio al por menor	Poco aceptable	Muy alto	Intensidad baja	Muy alto	Muy poco aceptable

Fuente. Elaboración propia

## CONCLUSIONES GENERALES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que los objetivos se cumplieron, debido a que existen múltiples factores que propician la ocurrencia de los accidentes de tránsito, se pudo identificar por qué las paradas de autobús causan conflicto para el peatón.

La intervención de la Geografía en el transporte es una herramienta potencialmente importante para interrelacionar los factores que influyen en su funcionamiento y en mejorar la calidad de las ciudades. Además, de usar los SIG para facilitar los procesos para análisis de las problemáticas, también para dar respuestas y proponer estrategias de solución.

Por esta razón, al hacer referencia teórica de la Geografía de transporte (que forma parte de la Geografía humana) con la finalidad de que estas bases apoyaran a la investigación, se logró comprender que el desarrollo urbano está sujeto a los múltiples movimientos de personas, mercancías y de transporte, el cual este último es fundamental para el funcionamiento económico y social de las ciudades. Sin olvidar que para lograrlo debe existir una buena relación entre la sociedad y las estrategias del desarrollo urbano, pues en cuanto al transporte tiene repercusiones positivas y negativas entorno a los modos de poblamiento, en la infraestructura urbana, en oportunidades educativas, de empleos, de salud y el paisaje urbano.

En esta investigación sólo se consideró al transporte urbano colectivo de autobuses pues permite desplazar a la población, siendo importante ya que en una ciudad donde se generan altos flujos vehiculares, los autobuses permiten movilizar a la población en más cantidades lo que lo hace más eficiente. Sin embargo, también puede generar problemáticas como obstrucciones a peatones y a otros tipos de transporte: ciclistas, motociclistas o automóviles; o bien, influir en la ocurrencia de accidentes de tránsito debido a que en muchas ocasiones no se respetan las normas de tránsito, tal como se presenta en la Ciudad de Toluca.

De acuerdo con la Movilidad urbana la población se vuelve vulnerable cuando en el espacio público no existe una buena distribución de las vías comunes de movilidad y transporte. Por ello, en una población donde el automóvil se prioriza como un solo tipo de modo de transporte, tal como pasa en la Ciudad de Toluca, debe generarse un mejoramiento en la distribución en el que se incluyan todos los modos de transporte de manera que la movilidad

peatonal sea segura, accesible, eficiente, con comodidad y que el transporte urbano público sea digno, oportuno, confiable y económico.

Para que la seguridad peatonal sea importante en las ciudades como Toluca, la población debe de plantearse que todos son automáticamente un peatón. Es decir, la población puede desplazarse en cualquier tipo de transporte, sin embargo, al realizar actividades para cubrir necesidades básicas (compra, salud, educación, entre otros) o bien de recreación (diversión, deportes, entre otros) las personas se ven obligadas a caminar. Por ello, el espacio público debe mantener la seguridad vial y distribuirlo de manera en que sea un Espacio Vial Urbano, donde estén integrados todos los modos de transporte y sean seguros.

La metodología utilizada fue estructurada a partir de una recopilación de varios proyectos aplicados en la prevención de puntos críticos por accidentes de tránsito con relación a algunos factores de ocurrencia: tipo de usos de suelo, infraestructura vial, flujo de tránsito, y en este caso se consideró como factor a los señalamientos de las paradas de autobús. Lo cual permitió demostrar que este también es un elemento que influye en que ocurran atropellamientos.

La información del H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015 (2014) en la investigación fue un antecedente importante que mostraba las condiciones de la ciudad. Sin embargo, las actualizaciones realizadas tanto en recorridos con imágenes de Google Earth y observaciones en campo permitieron complementar y validar la información.

A partir de los análisis de cobertura y espaciamiento de las paradas de autobús oficiales y notar que, aun habiendo puntos de paradas informales, éstas son insuficientes para el peatón. Se analizó este elemento por separado con relación a las intersecciones críticas, considerándose que las paradas influyen en los atropellamientos. Una vez que se identificó la relación existente para la verificación de este elemento, se evaluaron las condiciones del entorno con observaciones en campo y la percepción de los peatones sobre la seguridad vial.

Debe prestarse atención en las intersecciones críticas identificadas. Primero, en las intersecciones 1 a la 7, por el número de atropellamientos ocurridos puesto que en estas se presenta un flujo intenso y alto de peatones. Así como de vehículos, ya que en estas cuadras se concentran establecimientos que cubren necesidades de la población. Y en segundo, las intersecciones 8 y 9 porque los accidentes entre vehículos automotor- vehículos automotor

son más frecuentes, y los atropellamientos considerados fueron los ocurridos en el año 2015, lo que posibilita que estos pueden ir en aumento.

En cuanto a la infraestructura vial es importante resumir que a pesar de la existencia de la señalización que advierte a los conductores en paso peatonal, no en todas las esquinas de la ciudad hay semáforos que indiquen el cruce, por eso es importante mantener en condiciones (la pintura) a los cruces peatonales sobre el pavimento e indicar cuales están permitidos para que el peatón respete e incremente su seguridad.

Por lo tanto, las paradas de autobús conflictivas fueron aquellas que están más cerca de las intersecciones críticas. En primer lugar, son aquellas que se realizan de manera informal ya que éstas las determina la relación entre el conductor del transporte público al permitir el ascenso o descenso que prefiere el pasajero. Y en segundo, al haber atropellamientos constantes las paradas oficiales se vuelven peligrosas ya que, el usuario al buscar un punto para tomar su autobús ignora los señalamientos.

A pesar de que se esta investigación se enfocó en las intersecciones más críticas de la ciudad, no debe olvidarse que estas son parte de todo un sistema y que tanto estas como las que no se tomaron en cuenta son una llamada de atención para la verificación de los elementos de la ciudad que favorecen su ocurrencia.

Se identificó que durante el periodo 2013-2015 en la Ciudad de Toluca los accidentes van en aumento, lo que es contradictorio con el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020, el cual tiene la finalidad de que los países prevengan las lesiones de tránsito a través de la planificación del sistema de transporte orientado en la seguridad vial. Los resultados de esta investigación aportan información al municipio de Toluca para que con la identificación de las paradas de autobús conflictivas se generen estrategias de solución para la seguridad peatonal en la Ciudad de Toluca.

Además, debe fomentarse la concientización sobre las normas de tránsito a los peatones, conductores y otros. Aunque esto no asegura la excelencia en el funcionamiento del sistema de transporte de la ciudad mejoraría la cultura vial que se tiene y se prevendrían hechos dolosos.

## RECOMENDACIONES

Este proyecto queda a disposición del dominio público, aclarando que sólo se abordó una parte del sistema de transporte vial urbano.

Se recomienda a las instancias correspondientes que se mantengan en orden los datos de accidentes de tránsito y que se especifique la información de los ocurridos. Además, se permita tener mayor acceso a esta información y no tenerlos con carácter restringido al público en general, lo cual facilitaría la realización de análisis para atender fácilmente al grupo más vulnerable.

Por otra parte, a nivel académico se invita a los investigadores y estudiantes que se interesen por la Geografía del Transporte y ramas afines de la Geografía con la finalidad de asegurar la calidad de vida de los ciudadanos y que aporten sus conocimientos utilizando los principios geográficos y herramientas de análisis espacial para mejores estudios de desarrollo urbano, desarrollo sustentable de las ciudades en los marcos de Planeación Territorial y del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

A partir de esta investigación quedaron nuevas preguntas para futuros proyectos complementarios. Por ello, se sugieren algunos temas para desarrollarse:

- La frecuencia de atropellamientos a lo largo del tiempo
- Percepción del conductor de transporte público ante un accidente de tránsito
- Análisis de la infraestructura urbana que proporciona seguridad peatonal
- Distancia que se recorre de un punto a otro con el tiempo que es aceptable caminar (300 metros) considerando las obstrucciones: peatones, puestos ambulantes, semáforos.
- La identificación de cobertura de paraderos oficiales con respecto a las rutas de transporte público urbano.
- Análisis psico-espacial del conductor ante un flujo vehicular discontinuo (lento): causas y consecuencias
- Importancia de la Ecozona en la prevención de atropellamientos en la ciudad.

## REFERENCIAS

- Alcaldía de Barranquilla, (2012). *Metodología para el Análisis de la Seguridad Vial en sitios críticos de la Ciudad de Barranquilla*. Colombia: Secretaría Distrital de Movilidad. Disponible en: [http://www.barranquilla.gov.co/transito/images/movilidad/tecnica/documentos/documentos\\_1.pdf](http://www.barranquilla.gov.co/transito/images/movilidad/tecnica/documentos/documentos_1.pdf), consultado el 24 de enero de 2017.
- Abejón, Manuel, (1981). *El transporte en la sociedad actual*. España: Salvat Editores. ISBN: 8434578557. 64p.
- Arteaga Botello, Nelson, (2005). "Los estudios sobre la zona metropolitana del valle de Toluca. Aproximaciones estructurales y centradas en los actores". *Región y Sociedad*, XVII, 33 (71-105). Hermosillo, México: El Colegio de Sonora. ISSN: 0188-7408. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10203303>, consultado el 14 de mayo de 2016.
- Barrera Bassols, Narciso y Angélica Palma Ruiz, (2010). *Geografía*. Veracruz, México: Secretaría de Educación de Veracruz. ISBN: 978-970-670-175-6. 200p.
- Bermúdez Arias, Sonia Cristina, (2016). *Metodología para la evaluación espacio temporal de la accidentalidad vial en Bogotá: caso Avenida Boyacá*. Colombia, Tesis de Magister en Geomática, Universidad Nacional de Colombia.
- Blanco, Jorge, (2007). "Espacio y territorio: elementos teórico-conceptuales implicados en el análisis geográfico", en: Fernández Caso, María Victoria y Raquel Gurevich (coordinadores). *Geografía. Nuevos temas, nuevas preguntas. Un temario para su enseñanza*. (38-39). Buenos Aires, Argentina. Editorial Biblos. 37-62p.
- Buzai, Gustavo Daniel, (2010). "Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales", en: Buzai, Gustavo Daniel (Editor) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. 163-195p.
- Buzai, Gustavo Daniel, (2013). *Sistemas de información geográfica SIG: teoría y aplicación*. Luján, Argentina: Universidad Nacional de Luján – GESIG. ISBN 978-987-9285-43-5. 312p.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael y James Cárdenas Grisales, (2007). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega Grupo Editor. ISBN: 970-15-1238-3. 624p.
- CESVI Centro de Experimentación y Seguridad Vial, (2008). "Alineación electromecánica". *CESVI México*, 18 (16-18). México: Centro de Experimentación y Seguridad Vial. ISBN: 04-2004-060113093200-102.
- Chacón, Rosa María, (2009) "Capitales Urbanos para el Desarrollo, Sustentabilidad Urbana y Políticas Públicas". *Quivera*, XXI, 1, (77-90). Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México. ISSN: 1405-8626. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113194006>, consultado el 12 de enero de 2017.
- Correa, German y Patricio Rozas. (2006). *Desarrollo urbano e inversiones de infraestructura: elementos para la toma de decisiones*. Chile: División de Recursos Naturales e Infraestructura-CEPAL. ISBN 16809025.
- CONASET Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, (2011). *Análisis de la distribución espacial de los accidentes de tránsito y sus víctimas en el Gran Santiago. Diagnóstico 2002-2010*. Chile: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile. Disponible en:

- [http://paritario.otalca.cl/docs/MESA\\_B\\_PONENCIAS/B\\_19\\_Accidentes\\_Transito\\_Santiago\\_o\\_Romanette\\_Soto.pdf](http://paritario.otalca.cl/docs/MESA_B_PONENCIAS/B_19_Accidentes_Transito_Santiago_o_Romanette_Soto.pdf), consultado el 13 de abril de 2017.
- Cruz Martínez, Uriel y Vicente González Soto, (2015). *Análisis Funcional de las Bases de Taxis Colectivos Ubicadas en la Zona de la Terminal de Toluca, Estado de México*. Toluca, Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Delgado Mahecha, Ovidio, (2003). *Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos. ISBN: 958-701-309-3. 254p.
- De Sousa De Abreu, Carlos Alexander, (2012). *Actualización del Inventario de Paradas de Transporte Público en el Municipio Baruta*. Sartenejas, Venezuela. Tesis de grado Ilustre Universidad Simón Bolívar.
- Escalona Orcao, Ana Isabel, (1989). "Tendencias actuales de la Geografía del transporte: movilidad". *Geographicalia*, 26, (83-90). España: Universidad de Zaragoza. ISSN 0210-8380. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=59759>, consultado el 21 de junio de 2016.
- ESRI Environmental Systems Research Institute, (2016). *Clasificar campos numéricos para simbología graduada*. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/working-with-layers/classifying-numerical-fields-for-graduated-symbols.htm>.
- Figueroa, Oscar, (2005). "Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina". *EURE (Santiago)*, XXI, 94, (41-53). Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. ISSN 0250-7161. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025071612005009400003](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025071612005009400003), consultado el 13 de febrero de 2017.
- Flores Flores, Rubén, (2010). *Accesibilidad y conectividad de los espacios comerciales modernos en la zona metropolitana de la Ciudad Metropolitana de Toluca: El caso de las tiendas de autoservicio*. Toluca, Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Flores López Maria Elena Zochilt, (2013). *Dinámica de las actividades terciarias en el Centro Tradicional de Negocios del Área Metropolitana de Toluca: ¿Auge, decadencia o equilibrio?* Toluca, Tesis de Doctorado en Ciencias Sociales. El Colegio Mexiquense.
- Fotheringham, A. Stewart, Chris Brunsdon, M. C. (2002). Geographically Weighted Regression. (L. John Wiley & Sons, Ed.) Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki. England.
- Fuentes F., César M. y Vladimir Hernández Hernández, (2009). "La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004)". *Frontera Norte*, XXI, 42 (109-138). Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte. ISSN: 0187-7372. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13612040005>, consultado el 16 de marzo de 2017.
- Garrocho, Carlos y Zochilt Flores, (2009). "Delimitación del centro tradicional de comercio y servicios de la Zona Metropolitana de Toluca". *Papeles de población*, 15, 61, (233-274). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación y Estudios Avanzados de la Población. ISSN: 2448-7147.

- Gatrell, a C., Bailey, T. C., Diggle, P. J., & Rowlingson, B. S. (1996). "Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology". *Transactions of the Institute of British Geographers*, 21, (256–274). ISSN: 1475-5661.
- Giménez i Capdevila, Rafael, (1986). *La geografía del transporte en busca de su identidad*. Barcelona, España: GEOcrítica, Universidad de Barcelona. ISSN: 0210-0754. 68p.
- GEM Gobierno del Estado de México, (1992). *Reglamento de Tránsito del Estado de México. México: Dirección de Legalización y Periódico Oficial. Gaceta de Gobierno*. Gobierno del Estado de México. Disponible en: [http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rgl\\_vig079.pdf](http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rgl_vig079.pdf), consultado el 01 de mayo de 2016.
- González Argudo, José Fernando y Juan Alberto, Ordóñez Ruilova, (2014). *Estudio de los factores que intervienen en los accidentes e infracciones de tránsito ocasionados por los buses de transporte público de pasajeros tipo urbano en la ciudad de Cuenca y planteamiento de la propuesta para disminuirlos*. Cuenca, Ecuador. Tesis de Ingeniería Mecánica Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.
- Guamán Vicuña, Juan Carlos, (2016). *La evolución histórica y evolución actual de la Transportación Pública en la Parroquia Rural El Valle*. Ecuador, Tesis de Maestría en Tránsito, Transporte y Seguridad vial. Universidad del Uzuay.
- Guyón, G. (1973). "Organización del transporte urbano. Madrid, ZYX. En: Abejón, Manuel, (1981). *El transporte en la sociedad actual*. España: Salvat Editores. ISBN: 8434578557. 64p.
- H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015, (2014). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca*. Toluca, México. Disponible en: <http://sedur.edomex.gob.mx/toluca>, consultado el 24 de febrero de 2017.
- Harvey, David, (1977). *Urbanismo y desigualdad social*. Madrid, España: Siglo XXI de españa editores. ISBN: 84-323-0252-X. 340p.
- Hernández Hernández, Vladimir, (2006). *La influencia de la estructura urbana en la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, B. C., (2003–2004)*. Tijuana, Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. El Colegio de la Frontera Norte.
- Hernández Hernández, Vladimir, (2012). "Análisis exploratorio espacial de los accidentes de tránsito en Ciudad Juárez, México". *Revista Panamericana de Salud Pública*; 31, 5, (396–402). Washington: Revista Panamericana de Salud Pública. ISSN: 1680-5348.
- Hernández Hernández, Vladimir, De Haro De León, Liliana, (2014). "La relación entre la centralidad urbana y los atropellamientos en Ciudad Juárez, México". *Hacia promoción de la salud*, 19, 2 (81-94). Colombia: Universidad de Caldas. ISSN 0121-7577.
- Hernández Rodríguez, Rosaura. (2013). *El Valle de Toluca. Época prehispánica y siglo XVI*. 3ª ed. Zinacantepec, Estado de México: El Colegio Mexiquense y Gobierno del Estado de México. ISSN: 978 607 7761 43 3. 113p.
- Hernández Sampieri, Roberto; Carlos, Fernández Collado y Pilar, Baptista Lucio, (2006). *Metodología de la investigación*. México: The McGraw-Hill. ISBN 970-10-5753-8. 882 p.
- Hernández- Vásquez, Akram; Diego Azañedo; Guido Bendezú-Quispe; Josmel Pacheco-Mendoza y Martín Chaparro, (2016). "Sistemas de información geográfica: aplicación práctica para el estudio de atropellos en el Cercado de Lima, Perú". *Revista Peruana de Medicina*

- Experimental y Salud Pública*. 33, 4. (725- 731). Lima, Perú: Universidad pública de provincia de Perú. ISSN: 1726-4642.
- Híjar-Medina, Martha C., (2000) “Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento”. *Salud Publica de México*, XLII, 1, (88-193). México: Instituto Nacional de Salud Pública. ISSN: 1606-7916.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía., (2015). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2015*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. ISBN 978-607-739-733-5.
- Instituto MAPFRE, (2005). *Accidentalidad peatonal en núcleos urbanos*. Disponible en: [https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es\\_es/images/accidentalidad-peatonal\\_tcm1069-222217.pdf](https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/images/accidentalidad-peatonal_tcm1069-222217.pdf), consultado el 16 de marzo de 2017.
- Jans B., Margarita. (2009). “Movilidad urbana: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados”. *AUS (Valdivia)*, 6, (6-11). Chile: Universidad Austral de Chile. ISSN: 0718-7262.
- Johnson, James H., (1987). *Geografía urbana*. Barcelona, España: OIKOS-TAU. ISBN: 84-281-0277-5. 279p.
- Lupano, Jorge A. y Ricardo J. Sánchez. (2009). *Infraestructura urbana de transporte*. Chile: División de Recursos Naturales e Infraestructura-CEPAL de la Organización de las Naciones Unidas. 65p. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/3642>, consultado el 18 de septiembre de 2016.
- Llanos Henríquez, Efraín, (2007). “Proceso de transformación espacial de Barranquilla en el Siglo XX”. *Perspectiva Geográfica/ Programa de estudios de posgrado en Geografía EPG*, 12 (11-36). Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. ISSN: 01233769. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/0004749090fbde9c3796c>, consultado el 10 de octubre de 2016.
- Mansilla, Elizabeth, (2010). “Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: la irregularidad y el acceso al suelo”. En: *Global assessment report on disaster risk reduction (2011)*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).
- Martínez González, Ricardo y Elber Ramiro Olivares Bareño, (2012). *Metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras*. Bogotá, Colombia. Monografía. Especialista en Ingeniería de Pavimentos. Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/9928/2/MartinezGonzalezRicardo2012.pdf>, consultado el 17 de marzo de 2017.
- Miralles-Guasch, Carme, (2002). “Transporte y territorio urbano: del paradigma de la causalidad al de la dialéctica”. *Documents d'analisi geografica*, 41, (107-120). Madrid: Universidad de Barcelona. ISSN: 0212-1573.
- Moctezuma, Ricardo, (2003). “Ciudad y transporte. La movilidad urbana”, en Marcello Balbo, Ricardo Jordán y Daniela Simioni (Compiladores): *La Ciudad Inclusiva*, 175-192. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. ISSN: 1727-0413. 324p.

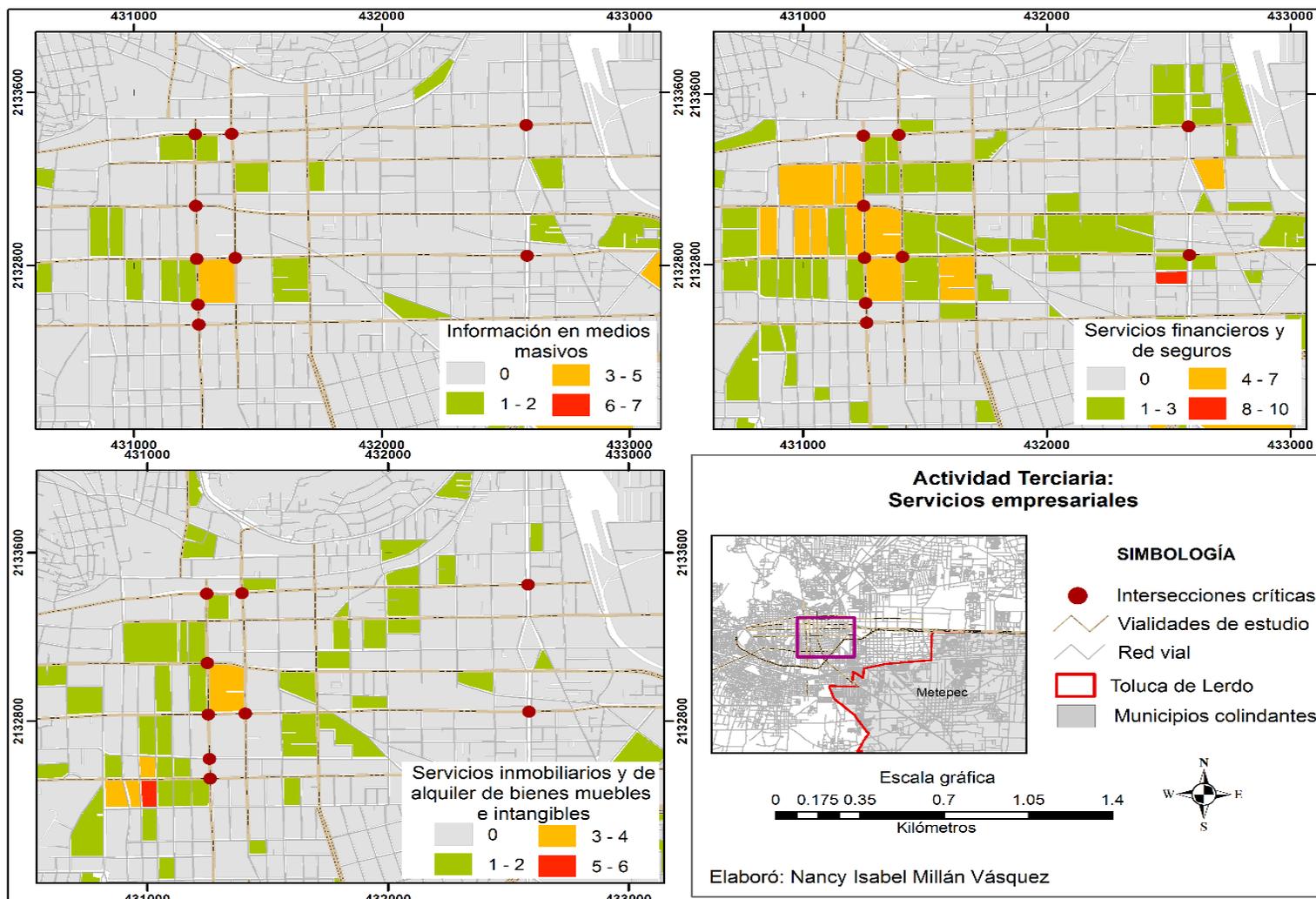
- Molinero Molinero, Ángel R. y Luis Ignacio, Sánchez Arellano, (1997). *Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración*. México: Quinta del Agua Ediciones. ISBN: 968-835-353-1. 776p.
- Moreno Jiménez, Antonio, (1991). "Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel". *Treballs de la Societat Catalana de Geografia* 30, (155-170). Madrid: UAM. Departamento de Geografía. ISBN: 2014-0037.
- Olaya, Víctor, (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Disponible en: [http://www.icog.es/TyT/files/Libro\\_SIG.pdf](http://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf), consultado el 15 de diciembre de 2016.
- OMS Organización Mundial para la Salud, (2004). *Resumen Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial para la Salud. ISBN 92 4 359131 2. 74p.
- OMS Organización Mundial de la Salud, (2011). *Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial para la Salud. 29p. Disponible en: [http://www.who.int/roadsafety/decade\\_of\\_action/plan/es/](http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/es/) consultado el 29 de enero de 2017.
- OMS Organización Mundial para la Salud, (2013). *Resumen Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito 2013. Apoyo al Decenio de Acción*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial para la Salud. 12p. Disponible en: [http://who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/summary\\_es.pdf?ua=1](http://who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf?ua=1), consultado el 12 de marzo de 2016.
- Paruma, A. (2012). *Desarrollo y transformación espacial. Líneas de Sociedad Espacio-Naturaleza*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://sociedadespacionaturaleza.wordpress.com/2012/04/14/desarrollo-y-transformacion-espacial/>, consultado el 01 de abril de 2016.
- Pérez-Núñez, Ricardo; Híjar, Martha; Celis, Alfredo; e Hidalgo Solórzano, Elisa. (2014). "El estado de las lesiones causadas por el tránsito en México: evidencias para fortalecer la estrategia mexicana de seguridad vial". *Cadernos de Saúde Pública*, 30,5, (911-925). Rio de Janeiro: Escuela Nacional de Salud Pública Sergio Arouca, Fundación Oswaldo Cruz. ISSN 1678-4464. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00026113>, consultado el 28 de marzo de 2017.
- Posada, J. de la C., (1937). "Apuntes sobre Antropogeografía". *Revista Universidad Católica Bolivariana*, I, 3 (306-312). Medellín, Colombia: Ediciones de la Universidad Católica Bolivariana. ISSN: 0120-1115. Disponible en: <https://revistas.upb.edu.co/index.php/upb/article/view/2446/2136>, consultado el 15 de mayo de 2016.
- Ramírez Kurí, Patricia, (2009). "La ciudad y los nuevos procesos urbanos". *Cultura y representaciones sociales*, III, 6, (163-187). México: Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM. ISSN 2007-8110.
- Ramírez Gómez, Rafael Alfonso y Geancarlo Rivera Zeledón, (2010). Análisis de la vulnerabilidad de los usuarios de la red vial en puntos críticos del Distrito VI de la ciudad de Managua. Managua, Nicaragua: Tesis de Maestría en Gestión urbana y Vulnerabilidad social. Universidad Centroamericana.

- Reséndiz López, H. D. (2003). *Georeferenciación de puentes peatonales en Ciudad de México y su relación con peatones atropellados*. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: [http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/analisis\\_accidentes\\_aa/Hector\\_Resendiz.pdf](http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/analisis_accidentes_aa/Hector_Resendiz.pdf), consultado el 21 de agosto de 2016.
- Rodríguez, J. M., Híjar M., Villaveces A., (2014). *Auditorías viales e intervenciones para prevenir atropellamientos, Cuernavaca, México, 2010*. México: Revista Facultad Nacional de Salud Pública 32(3): 275-281. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v32n3/v32n3a02.pdf>, consultado del 21 de marzo de 2017.
- Rojas Salazar, Temístocles, (2005) *Epistemología de la Geografía...una aproximación para entender esta disciplina*. Venezuela: Terra Nueva Etapa. ISSN 1012-7089. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72103006>, consultado el 12 de abril de 2016.
- Sánchez, Joan Eugeni, (1990). *Espacio, Economía y Sociedad*. Barcelona. España: Siglo XXI de España Editores. ISBN: 84-323-0716-5. 229p.
- Sánchez Hernández, José Luis, (1992). "Urbanismo y Geografía urbana: dos ciencias distintas, pero complementarias". *Lurralde*, 15, (229-238). España: Instituto Geográfico Vasco "Andrés de Urdaneta" Euskal Geografía Elkargoa INGEBEA. ISSN 1697-307.
- Sánchez Almanza, Adolfo, (2016) "Sistema de ciudades y redes urbanas en los modelos económicos de México". *Revista Problemas del Desarrollo*, XLVII, 184 (7-34). México: Universidad Nacional Autónoma de México. ISSN: 0301-7036.
- Seguí Pons, Joana M. y Joana M. Petrus Bey, (1991). *Geografía de redes y sistemas de transporte*. Madrid, España: Editorial Síntesis. ISBN: 84 7738 107 0. 231p.
- SCT Secretaria de Comunicaciones y Transportes, (1986). *Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito de Calles y Carreteras*. México: SCT. ISBN 968-803-140-2. 546p.
- SOCHITRAN Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, (2013). *Políticas de Transporte Urbano para nuestras ciudades. Un aporte de la sociedad chilena de ingeniería de transporte a la nueva política de desarrollo urbano*. Santiago, Chile: Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, Filial Instituto de Ingenieros de Chile. Disponible en: <http://docplayer.es/7007538-Políticas-de-transporte-urbano.html>, consultado el 9 de junio de 2016.
- Sosa Velásquez, Mario, (2012). *¿Cómo entender el territorio?* Guatemala: Editorial Cara Parens de la Universidad Rafael Landívar. ISBN: 978-9929-54-002-6. 131p.
- Talavera-García, Rubén; Julio Alberto, Soria-Lara y Luis Miguel, Valenzuela-Montes (2014). "La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana". *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, LX, 1 (161-187). España: Universidad Autónoma de Barcelona. ISSN 2014-4512
- Torres Martínez, Alfredo, (2007). *Reestructuración de la red de transporte público de la zona metropolitana de la Ciudad de Toluca*. Toluca, Tesis de Licenciatura en Planeación Territorial, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Tovar Plata, Lizbeth, (2008). *Análisis geográfico de modelos de transporte para el estudio del transporte urbano de carga*. Toluca, Tesis de Licenciatura en Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México.

- Varela Sánchez, Gloria, (2016). *Análisis espacio-temporal de accidentes viales, mediante el uso de herramientas SIG del municipio de Toluca Estado de México, años 2000-2005*. Toluca, Tesis de Especialidad en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vargas Barrera, Rafael, (2008). Estadística II. Programa Administración Pública Territorial. Bogotá, Colombia: Escuela Superior de Administración Pública. Disponible en: [http://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2015/08/6\\_estadstica\\_ii.pdf](http://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2015/08/6_estadstica_ii.pdf), consultado el 15 de mayo de 2017.

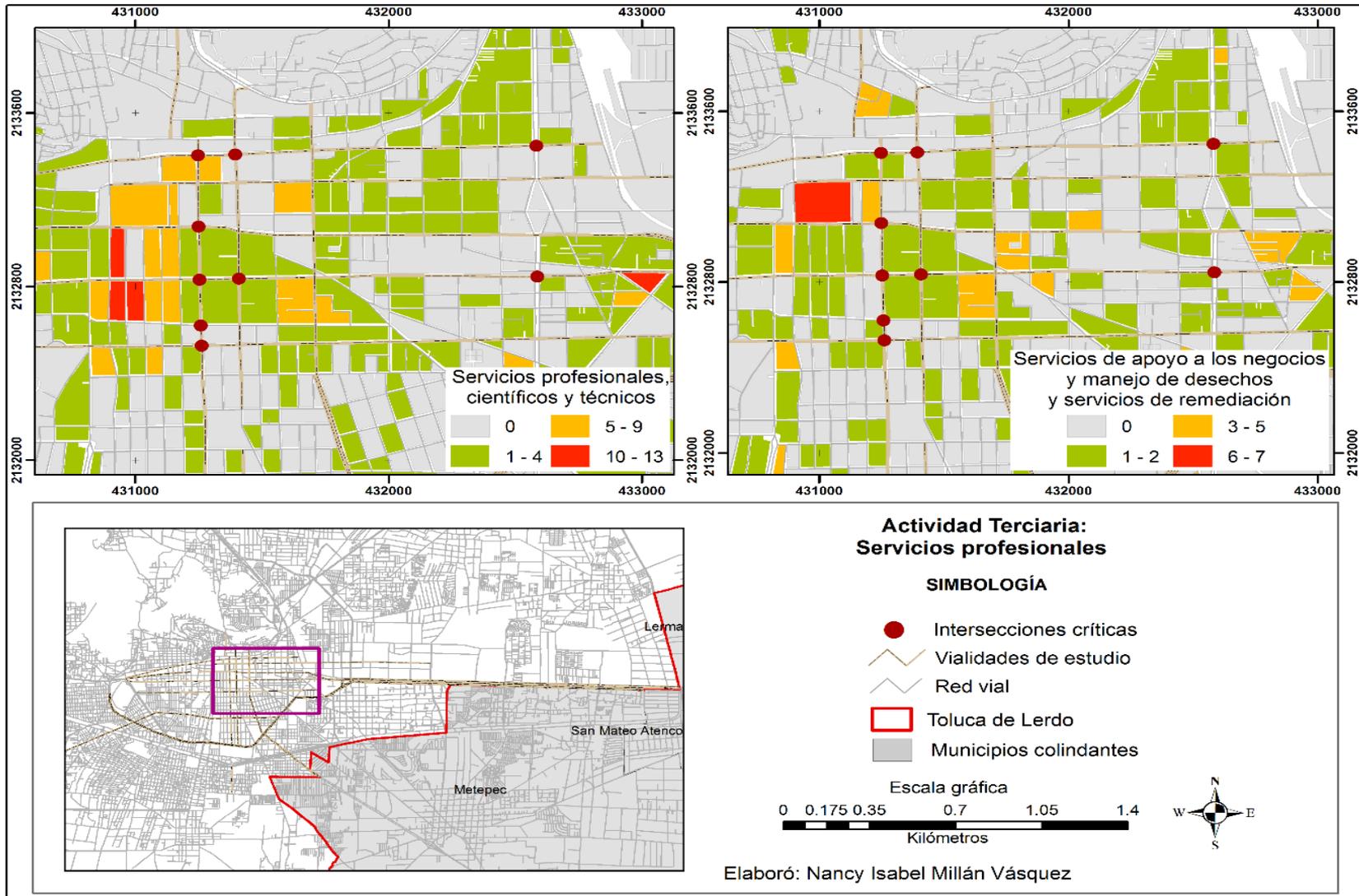
# ANEXOS

Anexo 1. Actividades económicas terciarias por manzana de la Ciudad de Toluca

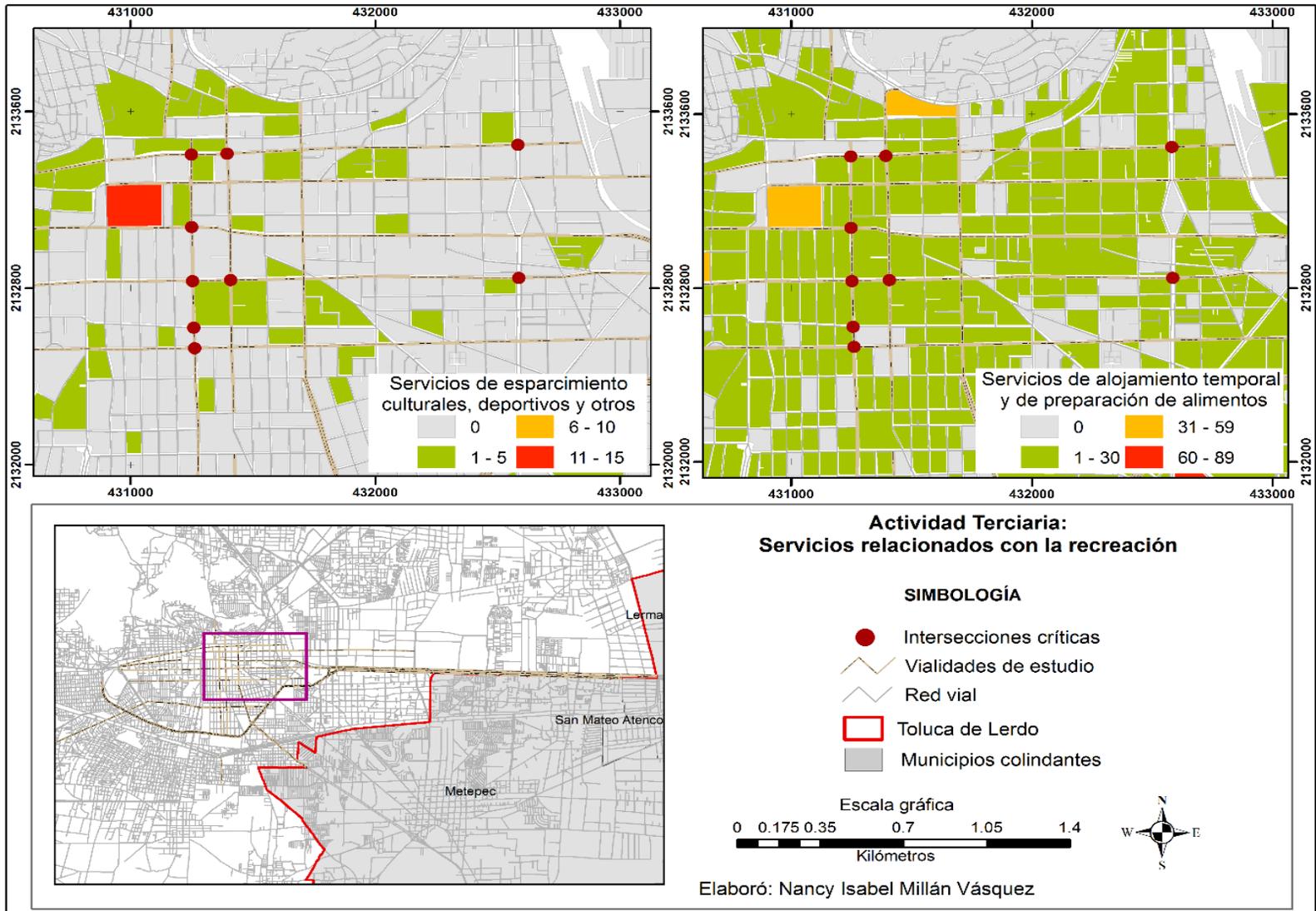


Anexo 1.1. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios empresariales”.

Fuente: INEGI, 2015



Anexo 1.2. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios profesionales”.  
Fuente: INEGI, 2015



Anexo 1.3. Actividades terciarias: Localización de los sectores “Servicios relacionados con la recreación”.  
Fuente: INEGI, 2015

Anexo 2. Encuesta de prueba piloto

PRUEBA PILOTO										
Respuestas cerradas										
Instrucciones: El encuestador debe estar al lado del señalamiento de la parada de autobús sin estorbar a los peatones que cruzan o a los pasajeros que ascienden y descienden del autobús urbano.										
<b>ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE USUARIOS SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS</b>										
Vialidad en la que se realizó la encuesta:										
Parada de autobús:										
Intersección de referencia:										
Fecha:			Hora:			Edad:				
¿De dónde viene?					¿A dónde va?					
Motivo de viaje:		•Trabajo		•Estudio		•Compras		•Ocio		•Otro:
¿Cuánto tiempo le toma llegar a su destino?				•> ó de 15 min	•30 min	•1 hora	•< de 1 hora	•Otro:		
¿Frecuenta esta parada de autobús?		•Si	•No	¿La parada es de destino o trasbordo?			•Destino		•Trasbordo	
¿Cómo sabe que esta parada de autobús es oficial?		•por el señalamiento		•porque todos hacen parada aquí		•No lo sé		•Otro:		
¿Considera que es seguro el paso peatonal para llegar a la parada?							•Si		•No	
¿Sabe en que calle tiene que cruzar para llegar a la parada?			•Si	•No	¿Se siente segura al cruzar la calle?			•Si	•No	
¿De qué forma prefiere cruzar la calle para llegar a la parada?				•En las marcas	•A mitad de calle	•Entre los vehículos	•Otra:			
¿Respeto el tiempo del semáforo peatonal para cruzar?		•Si	•No	¿Considera que los señalamientos viales para la seguridad del peatón son suficientes?				•Si	•No	
Ordene de mayor a menor los conductores más imprudentes en esta intersección:				¿Sabe que existe un reglamento de tránsito?				•Si	•No	
Automóviles particulares			¿Lo conoce?				•Si	•No		
Autobús			¿Qué medidas recomienda para mejorar su seguridad?							
Taxis			•Policías de tránsito	•Pintar las marcas de cruce o banquetas	•Poner señalamientos nuevos (visibles)		•Otro:			
Ciclistas										
Motociclistas										
Otros										

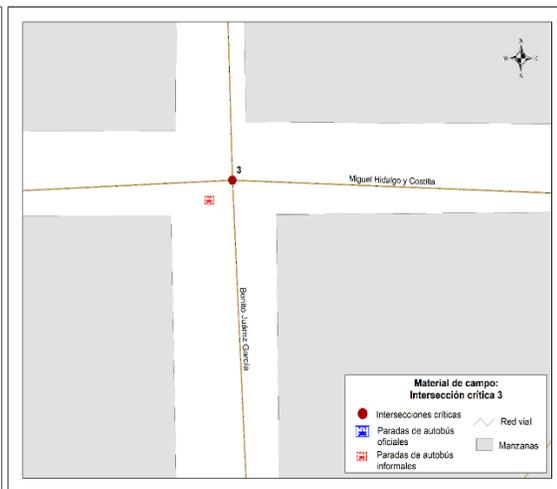
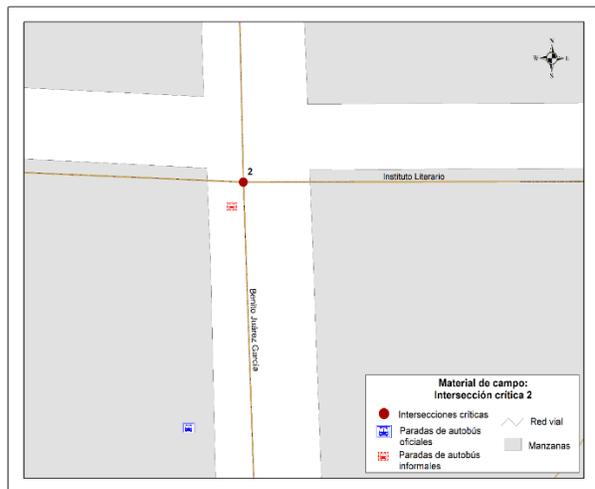
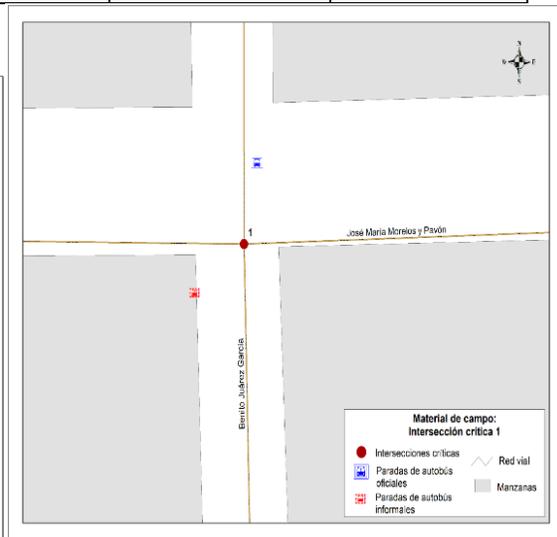
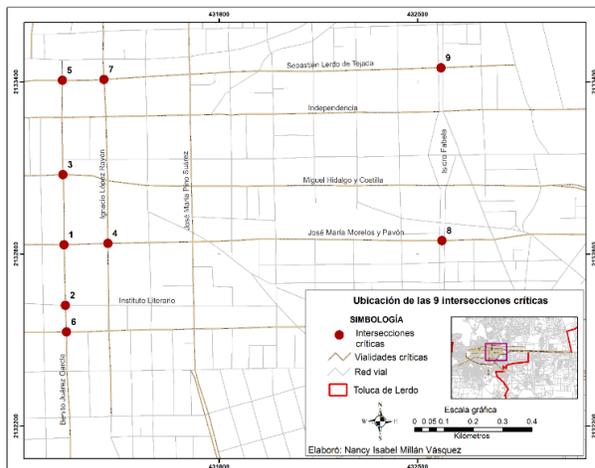
Anexo 2.1. Prueba piloto con respuestas cerradas de la Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas.

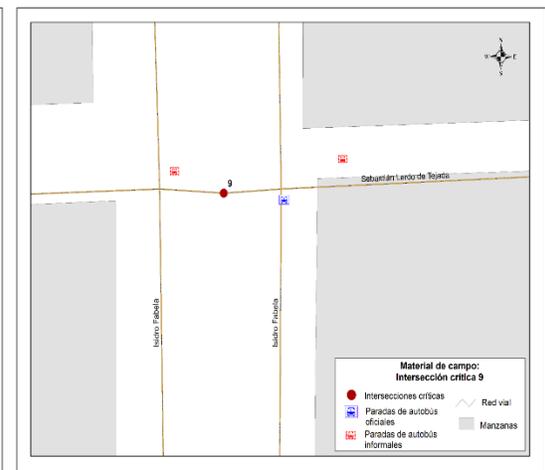
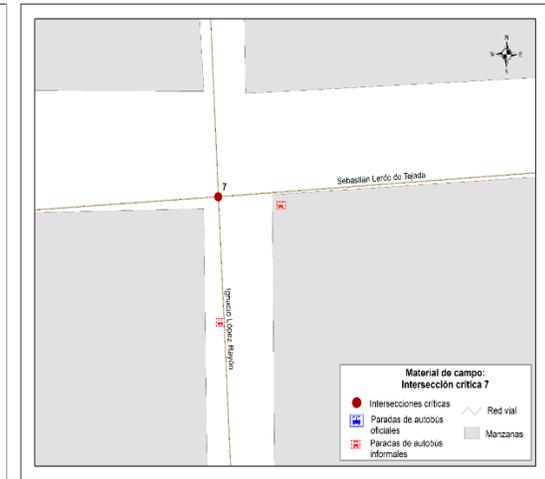
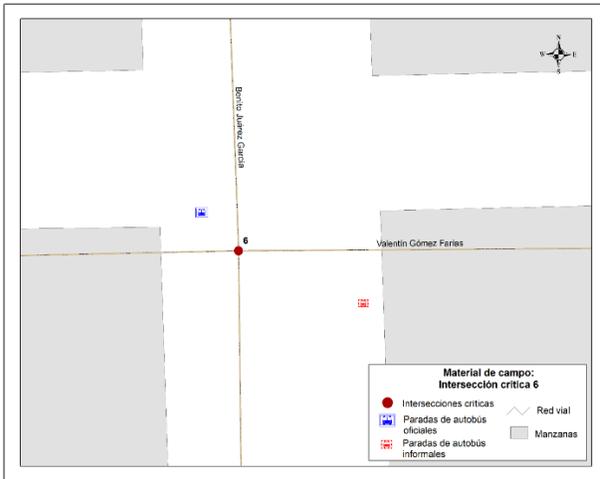
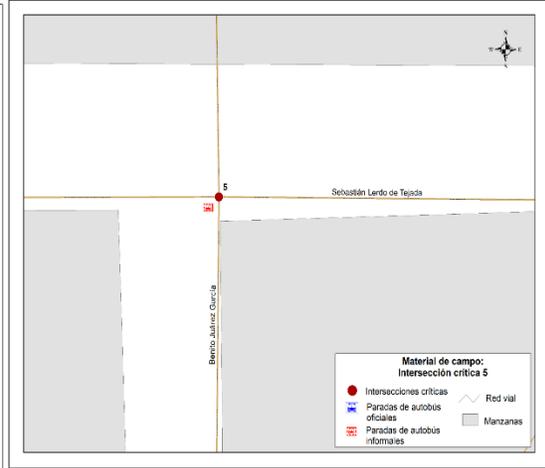
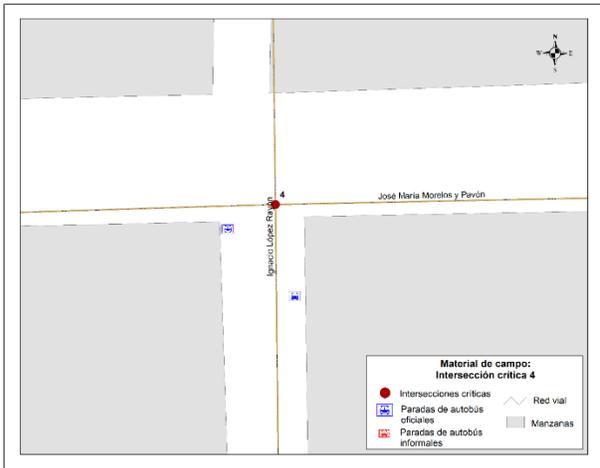
<b>PRUEBA PILOTO</b>					
Respuestas abiertas					
Instrucciones: El encuestador debe estar al lado del señalamiento de la parada de autobús sin estorbar a los peatones que cruzan o a los pasajeros que ascienden y descienden del autobús urbano.					
<b>ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DE USUARIOS SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN PARADAS DE AUTOBÚS CONFLICTIVAS</b>					
Vialidad en la que se realizó la encuesta:					
Parada de autobús:					
Intersección de referencia:					
Fecha:	Hora:	Edad:			
¿De dónde viene?			¿A dónde va?		
Motivo de viaje:					
¿Cuánto tiempo le toma llegar a su destino?	•> ó = de 15 min	•1 hora	•30 min	•< de 1 hora	•Otro :
¿Frecuenta esta parada de autobús?		¿La parada es de destino o trasbordo?			
¿Cómo sabe que esta parada de autobús es oficial?					
¿Considera que es seguro el paso peatonal para llegar a la parada?					
¿Sabe en que calle tiene que cruzar para llegar a la parada?					
¿De qué forma prefiere cruzar la calle para llegar a la parada?					
¿Se siente segura al cruzar la calle?					
¿Respeto el tiempo del semáforo peatonal para cruzar?				•Si	•No
¿Considera que los señalamientos viales para la seguridad del peatón son suficientes?					
Ordene de mayor a menor los conductores más imprudentes en esta intersección:			¿Sabe que existe un reglamento de tránsito?		
Automóviles particulares			¿Lo conoce?		
Autobús			¿Qué medidas recomienda para mejorar su seguridad?		
Taxis					
Ciclistas					
Motociclistas					
Otros					

Anexo 2.2. Prueba piloto con respuestas abiertas de la Encuesta de percepción de usuarios sobre la seguridad vial en paradas conflictivas.

Anexo 3. Material cartográfico de campo

#	Intersección Calle y Calle		Total de Accidentes 2013-2015	Atropellamientos 2013-2015
1	Benito Juárez García	José María Morelos y Pavón	74	6
2	Benito Juárez García	Instituto Literario	65	4
3	Benito Juárez García	Miguel Hidalgo y Costilla	52	4
4	José María Morelos y Pavón	Ignacio López Rayón	47	4
5	Benito Juárez García	Sebastián Lerdo de Tejada	49	3
6	Benito Juárez García	Valentín Gómez Farías	27	3
7*	Sebastián Lerdo de Tejada	Ignacio López Rayón	53	2
8*	José María Morelos y Pavón	Isidro Fabela	51	2
9*	Sebastián Lerdo de Tejada	Isidro Fabela	58	1





## Anexo 4. Evaluación de la infraestructura entorno a los paraderos de autobús



Anexo 4.1. Cruce peatonal con semaforización.



Anexo 4.2. Señalamientos de paradas



Anexo 4.3. Señalización de priorización



Anexo 4.4. Señalamiento de parada



Anexo 4.5. Señalamientos de prevención y seguridad



Anexo 4.6. Señalamiento de cruce peatonal seguro

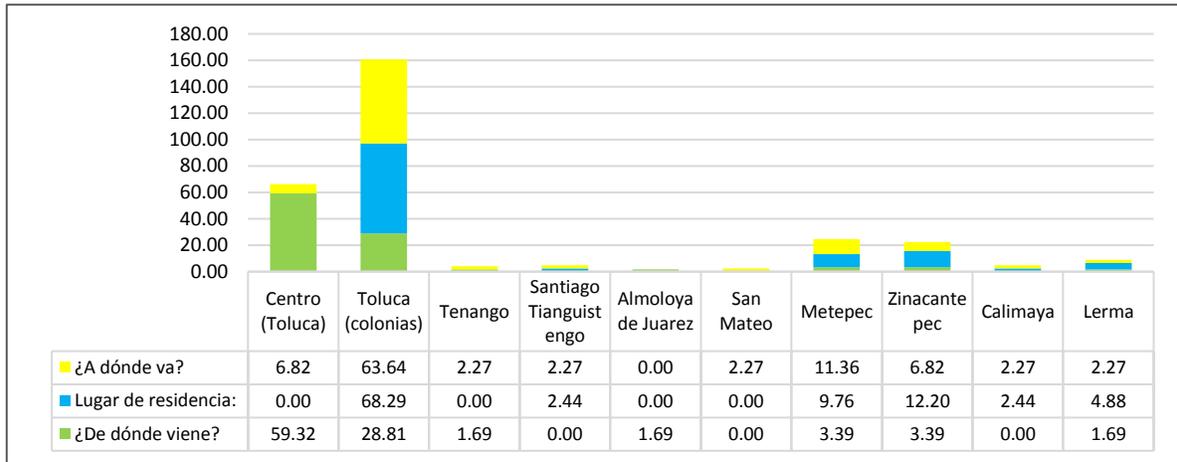


Anexo 4.7. Parada de autobús oficial con banca



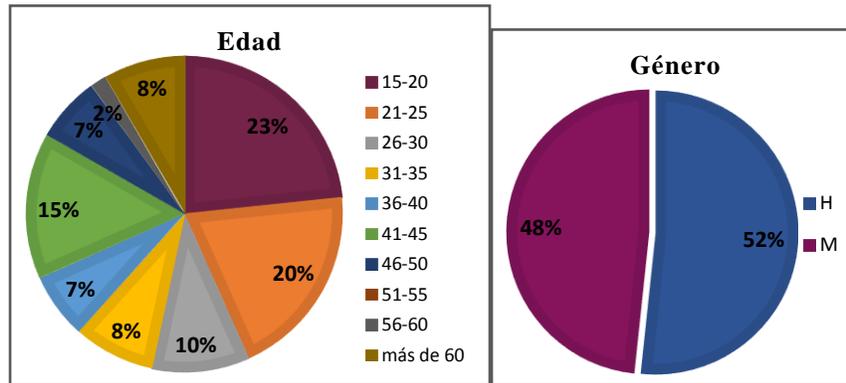
Anexo 4.8. Señalamientos de cruce peatonal en preferencia de zona escolar

Anexo 5. Resultados de encuesta de percepción



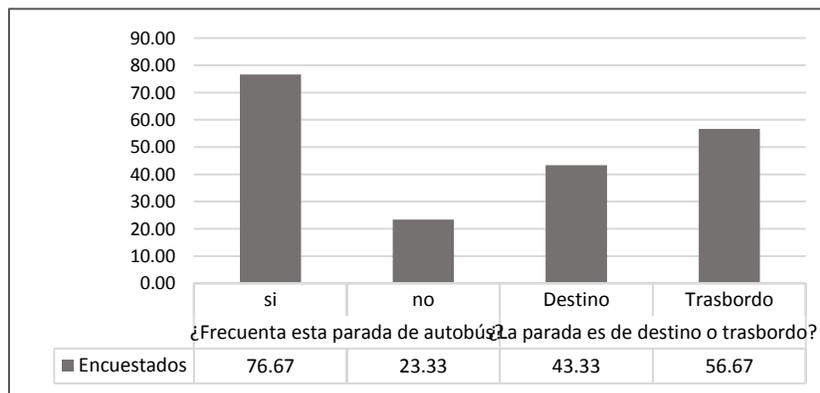
Anexo 5.1. Origen-Destino de la población encuestada: porcentaje.

Fuente: Elaboración propia



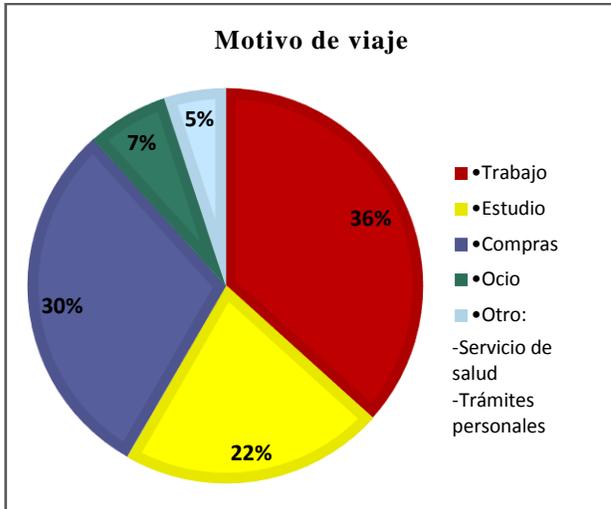
Anexo 5.2. Características de la población encuestada.

Fuente: Elaboración propia

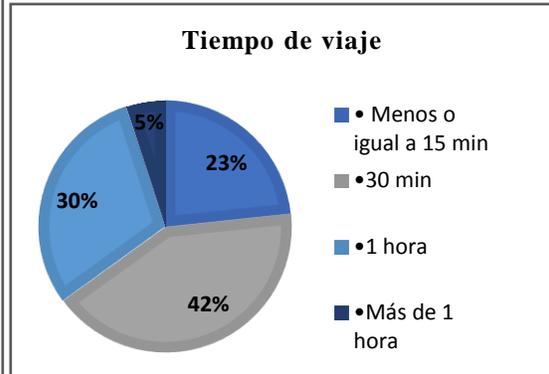


Anexo 5.3. Uso de las paradas: porcentaje.

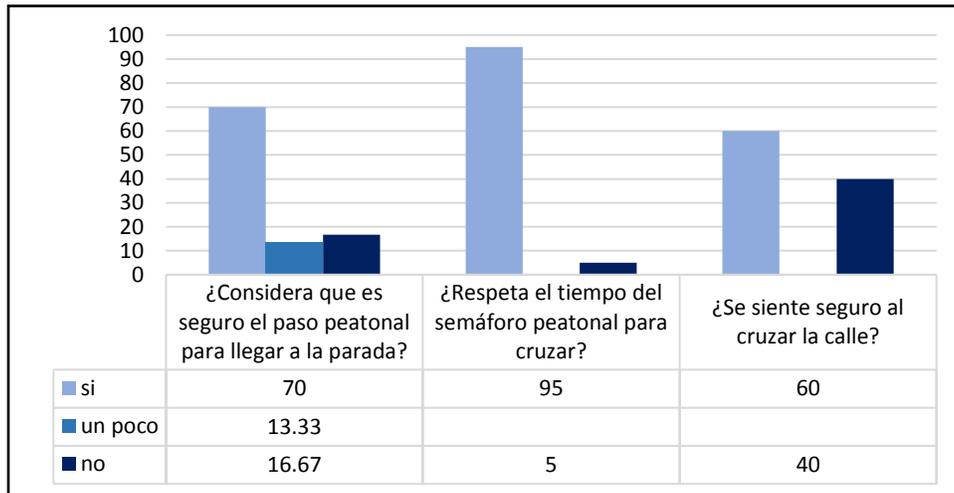
Fuente: Elaboración propia



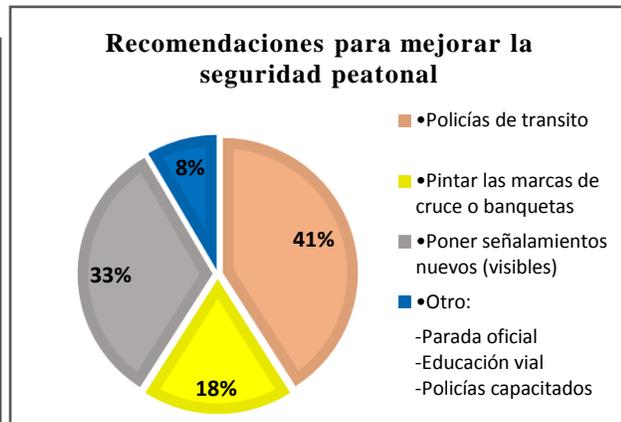
Anexo 5.4. Motivos de viaje.  
Fuente: Elaboración propia



Anexo 5.5. Tiempo de destino  
Fuente: Elaboración propia



Anexo 5.6. Comportamiento del peatón: seguridad.  
Fuente: Elaboración propia



Anexo 5.7. Percepción del entorno.  
Fuente: Elaboración propia

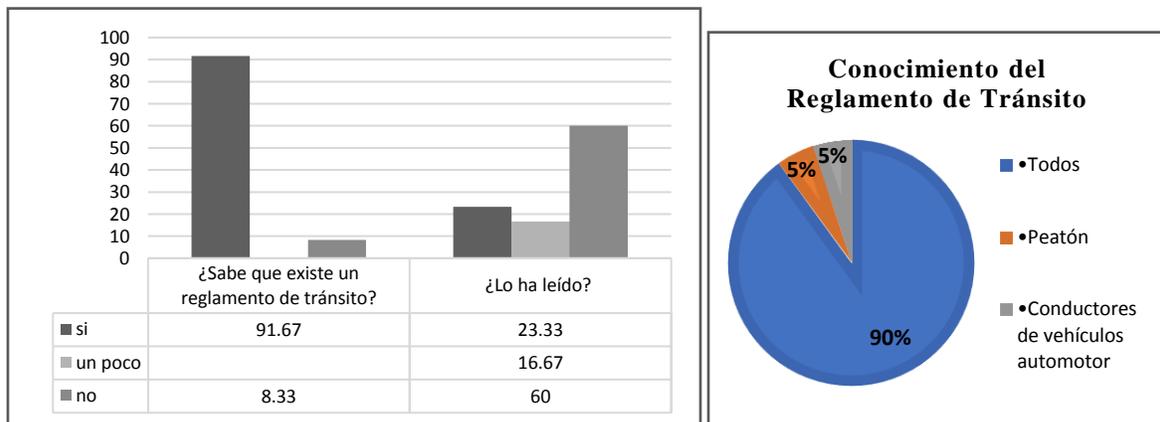
**Ordene de mayor a menor los conductores más imprudentes en esta intersección:**

	Automóviles particulares	Autobús	Taxis	Ciclistas	Motociclistas	Otros	Sin dato
1°	9	30	14	1	1	3	2
2°	7	17	24	1	9		2
3°	26	7	11	1	13		2
4°	10	3	6	15	18	6	2
5°	9	1	3	33	12		2
6°				6	4	48	2

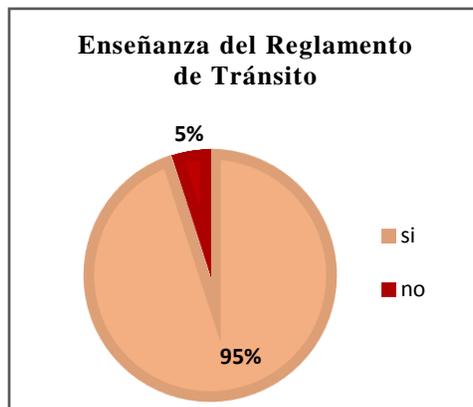
  

1°	2°	3°	4°	5°	6°
Autobús	Taxis	Automóviles particulares	Motociclistas	Ciclistas	Otros

Anexo 5.8. Conductores más imprudentes en las intersecciones críticas.  
 Fuente: Elaboración propia



Anexo 5.9. Conocimiento del Reglamento de tránsito.  
 Fuente: Elaboración propia



Anexo 5.10. Enseñanza del Reglamento de tránsito.  
 Fuente: Elaboración propia