



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Características Urbanas y Accidentes Viales en la Ciudad de
Aguascalientes

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en:

Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

Presenta

Ing. Melissa Ríos Quezada

Dirigido por:

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca

Querétaro, Qro. A 07 de Junio del 2019



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Características Urbanas y Accidentes Viales en la
Ciudad de Aguascalientes.

por

Melissa Rios Quezada

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGMAC-266674

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

Características Urbanas y Accidentes Viales en la Ciudad de Aguascalientes

Opción de titulación:
Tesis

Que como parte para obtener el Grado de
Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad.

Presenta
Ing. Melissa Ríos Quezada

Dirigido por:
Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca
Presidente

Dr. Omar Chávez Alegria
Secretario

Dr. José Antonio Romero Navarrete
Vocal

Dr. Ricardo Montoya Zamora
Suplente

M. I. Miguel Ríos Núñez
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Fecha Junio 2019
México

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

RESUMEN

Los accidentes viales son una de las diez principales causas de muerte a nivel mundial, convirtiéndolos en un problema de salud. Después de los conductores o pasajeros de los vehículos, los peatones son los usuarios más afectados en estos eventos. Estos accidentes afectan mayormente a los países emergentes, los cuales presentan un crecimiento urbano desorganizado y la realización de pocas campañas en educación vial, esto debido a la poca inversión que se destina a la ingeniería de tránsito. Lo anterior trae como consecuencia, vialidades mal diseñadas y usuarios poco conscientes de cómo utilizarlas interactuando con otros usuarios. El objetivo de esta investigación es analizar los accidentes viales peatonales de una ciudad situada en un país emergente y utilizando modelos Binomiales Negativos, identificar los factores que tienen más influencia. Dentro de las variables utilizadas están la edad, el género y el uso de suelo de la ubicación del accidente. Como resultado tenemos que los modelos binomiales negativos demostraron un buen ajuste para describir el fenómeno de atropellamiento y el uso de suelo, la densidad de población, la edad del peatón y conductor, el ancho de las vialidades, el tipo de vialidad y el costo del suelo son las variables más significativas.

(**Palabras clave:** accidentes viales, peatones, binomial negativo, uso de suelo)

SUMMARY

Road accidents are one of the ten leading causes of death worldwide, making them a health problem. After drivers or passengers of vehicles, pedestrians are the most affected users in these events. These accidents affect mainly the emerging countries, which present a disorganized urban growth and the accomplishment of few campaigns in road education, this due to the little investment that is destined to the traffic engineering. The aforementioned results in poorly designed roads and users with little knowledge of how to use them interacting with other users. The objective of this research is to analyze pedestrian road accidents in a city located in an emerging country and using Negative Binomial models, identify the factors that have the most influence. Among the variables used are age, gender and land use of the accident location. As a result, the negative binomial models showed a good fit to describe the phenomenon of run over and land use, the population density, the age of the pedestrian and driver, the width of the roads, the type of road and the cost of land are the most significant variables.

(Key words: road accidents, pedestrians, negative binomial, land use)

A mis padres y mi hermano
por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Hortencia y Remberto, por todo el apoyo brindado, no solo en estos 2 años, sino a lo largo de toda mi vida, y a mi hermano Gerardo por su paciencia y ayuda incondicional.

Al Dr. Saúl A. Obregón Biosca por ser mi guía en el proceso de investigación, agradezco las enseñanzas, la paciencia y la motivación que mostró durante todo este tiempo. De igual manera al Dr. José Antonio Romero Navarrete, Dr. Omar Chávez Alegria, Dr. Ricardo Montoya Zamora y al M. Miguel Ríos Núñez por ser mis sinodales y tomarse el tiempo de realizar las revisiones de mi trabajo y ayudarme con sus observaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por ofrecer el soporte económico que permitió cubrir gran parte de los gastos en el transcurso del estudio de posgrado y la estancia en Santiago de Querétaro.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme el espacio y los medios necesarios para culminar mi posgrado, al igual que los profesores que forman parte del cuerpo académico de la Maestría en Ing. De Vías Terrestres y Movilidad.

Agradezco también a todos mis compañeros y amigos que formaron parte de este proceso.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	14
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 JUSTIFICACIÓN	17
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	19
1.3.1 HIPÓTESIS	19
1.3.2 OBJETIVO	19
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	20
2.1 MOVILIDAD URBANA.....	20
2.2 ACCIDENTES VIALES	21
2.2.1 TIPOS DE ACCIDENTES VIALES.....	21
2.3 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES	22
2.3.1 DEFINICIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS	22
2.3.2 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE	23
2.3.3 MODELO DE REGRESIÓN POISSON	24
2.3.4 MODELO DE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVO	25
3. METODOLOGÍA.....	27
.....	27
3.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
3.2 RECOPIACIÓN DE LOS DATOS	31
3.3 VARIABLES	32
3.4 DESARROLLO DE MODELOS BINOMIALES NEGATIVOS.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	36
4.2 MODELOS	50

5. CONCLUSIONES	58
6. REFERENCIAS	60
7. APÉNDICE	67

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Diagrama de metodología para el desarrollo de la investigación.....	27
Figura 3.2: División municipal del estado de Aguascalientes.....	30
Figura 3.3: Ubicación de los accidentes viales de peatones.....	34
Figura 4.1: Distribución de intersecciones con semáforo.....	36
Figura 4.2: Distribución de accidentes por tipo de vialidad principal.....	37
Figura 4.3: Distribución de accidentes por tipo de vialidad secundaria.....	38
Figura 4.4: Ancho de calzada vialidades primarias.....	39
Figura 4.5: Ancho de calzada vialidades secundarias.....	39
Figura 4.6: Frecuencia de accidentes por horarios.....	40
Figura 4.7: Frecuencia de accidentes por día de la semana.....	41
Figura 4.8: Frecuencia de accidentes por tipo de vehículo.....	42
Figura 4.9: Frecuencia de accidentes por sexo del conductor.....	43
Figura 4.10: Frecuencia de accidentes por edad del conductor.....	44
Figura 4.11: Frecuencia de accidentes por edad del peatón.....	45
Figura 4.12: Frecuencia de accidentes por sexo del peatón.....	46
Figura 4.13: Frecuencia de accidentes en intersecciones con vuelta derecha continua.....	47
Figura 4.14: Frecuencia de accidentes en intersecciones con paradas de autobús.	48

Figura 4.15: Frecuencia de accidentes en intersecciones con escuelas.	48
Figura 4.16: Frecuencia de accidentes por tipo de uso de suelo.	49
Figura 7.1: Distribución de accidentes mensual en 2018.	67
Figura 7.2: Distribución de accidentes mensual en 2017.	68
Figura 7.3: Distribución de accidentes mensual en 2016.	68
Figura 7.4: Distribución de accidentes mensual en 2015.	69
Figura 7.5: Distribución de accidentes mensual en 2014.	69
Figura 7.6: Distribución de accidentes mensual en 2013.	70
Figura 7.7: Tipo de vialidades.	70
Figura 7.8: Ancho de vialidades.	71
Figura 7.9: Edad peatón y conductor.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito, México 2014-2016.	28
Tabla 3.2: Tasa de mortalidad por tipo de usuario, México 2016.....	29
Tabla 3.3: Resumen de los accidentes viales reportados en el municipio de Aguascalientes.....	31
Tabla 3.4: Estadística descriptiva de las variables.....	32
Tabla 4.1: Modelo 1 para conductores.....	53
Tabla 4.2: Modelo 2 para conductores.....	54
Tabla 4.3: Modelo 3 para peatones.	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1	23
Ecuación 2.2	24
Ecuación 2.3	25

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

1. INTRODUCCIÓN

En países desarrollados y emergentes, una de las principales causas de muertes y lesiones son los accidentes de tráfico (Rifaat *et al.*, 2010). Nantulya y Reich (2002) sugieren que el crecimiento del número de vehículos y la poca aplicación de normas de seguridad vial son factores que contribuyen al aumento de accidentes viales en países emergentes. Por su parte, la Organización Mundial de la Salud estima que aproximadamente 1.24 millones de personas mueren mundialmente en accidentes viales, y que entre 20 y 50 millones más sufren lesiones graves como resultado de estos accidentes (Garach *et al.*, 2016).

Para analizar y comprender las causas considerando al usuario de la vía pública, se han desarrollado modelos que posibilitan la predicción de accidentes, en este sentido El-Basyouny y Sayed (2009) exponen que son una herramienta para estimar el desempeño de la seguridad vial. En coincidencia, en Garach *et al.* (2016) se menciona que durante décadas se han desarrollado dichos modelos con el fin de estimar el número de incidentes en un área o sección específica. Los modelos agregados fueron utilizados por primera vez en Smeed (1958), quien trató de explicar que los conjuntos grandes de números (como la tasa de mortalidad) se ajustan mejor a las distribuciones Gaussianas que a las distribuciones de Poisson. Su modelo relacionaba el número de personas que morían por accidentes automovilísticos con la flota vehicular existente. En Weber (1971) se reporta el primer modelo desagregado para accidentes individuales empleando la distribución Poisson. En este modelo se utilizaron variables como volumen de tráfico y edad del conductor.

En la década de 1990, se estudiaron otros factores que influyen en la generación de accidentes viales, por ejemplo, Hauer (1992) nos indica un modelo de regresión de multivariantes con el enfoque empírico de Bayes, donde sus variables fueron geometría de la vía, edad y género del conductor y el historial de accidentes. Miaou y Lum (1993) muestran dos modelos de regresión lineal y dos modelos de regresión

Poisson, utilizando como variables las características de las carreteras y de los vehículos. Shakar *et al.* (1995) exponen un modelo de regresión binomial negativa utilizando variables de la geometría de la carretera y condiciones climáticas.

En los últimos quince años varios estudios han empezado a incluir a peatones y ciclistas, con la finalidad de conocer la causa de sus accidentes y estimar el riesgo al que se exponen (Haghighatpour y Moayedfar, 2014). En McMahon *et al.* (1999) se presenta un modelo logístico binario, el cual hace inclusión de los peatones en los accidentes automovilísticos, analizando factores como las características geométricas de la vialidad, los límites de velocidad y el nivel de desempleo. LaScala *et al.* (2000), muestra un modelo de demora espacial autoregresivo donde incluyen factores socioeconómicos de los peatones (por ejemplo el género, la educación, los ingresos) y la densidad de tráfico. En Lyon y Persaud (2002) estimaron un modelo basado en una distribución negativa binomial, utilizando como variables el volumen de vehículos y peatones en intersecciones. En Lee y Abdel-Aty (2005) se usa un modelo logarítmico lineal para relacionar el volumen de tránsito y las características urbanas con los alcances peatonales. En Torbic (2010) se utiliza una metodología para cuantificar el número de accidentes peatonales. Esta metodología consiste en combinar varios modelos para obtener un modelo más aplicable a intersecciones, tomando en cuenta las siguientes variables uso de suelo, tráfico de vehículos y peatones, características de la intersección, entre otras. En Zhuang y Wu (2012) se emplea un modelo basado en regresión lineal para estudiar las características de los peatones y su comportamiento en las vialidades. En Kadali y Vedagiri (2016) emplea un modelo de regresión lineal múltiple, con variables como características y comportamiento del peatón (edad, género, velocidad, entre otras), condiciones de tráfico y características de la vialidad.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Cuando se presenta un accidente vial entre un automóvil con un peatón, la gravedad de las lesiones es mayor en estos usuarios de medios activos, respecto a los usuarios de automóviles. Por tal motivo autores como Jacobsen (2003), Abdel-Aty *et al.* (2007) y Elvik (2009), han analizado este fenómeno y los factores que lo ocasionan.

Diversos estudios han reportado las diferentes variables que influyen en los accidentes de usuarios de medios activos, por ejemplo, características socioeconómicas del peatón, del vehículo y del conductor, además de características sobre el diseño de la vía y condiciones ambientales (Kröyer, 2016). En Kim *et al.* (2006) y Zahabi (2011) se sostiene que las características del ambiente y la forma urbana, incluyendo el uso de suelo, la conectividad vial, los factores socioeconómicos y otros atributos del lugar del accidente, son factores poco comunes en las investigaciones de seguridad de usuarios de medios activos.

Mientras Mohan (2002) y Berhanu (2004) exponen que la ocurrencia de accidentes de tráfico se ha reducido en los países desarrollados, pero no en países emergentes, esto debido a que los factores que influyen en la causa de accidentes en estos últimos son más complejos, por ejemplo, el uso mixto del suelo, la gran cantidad de viajes no motorizados, la limitación de recursos, entre otros (Tiwari, 1999), además de que existe una mayor cantidad de usuarios de medios activos. Por ello, Asiamah *et al.* (2002) menciona que existen más incidencias de peatones en estos países. Asimismo, Forjuoh (2010) agrega que se han hecho pocos avances para abordar este problema en países emergentes, debido en parte a la falta de recursos para invertir en seguridad vial.

Teniendo en cuenta lo anterior, a lo largo de esta investigación se buscará determinar las causalidades de los accidentes en usuarios de medios activos, considerando variables como el uso de suelo y sus características socioeconómicas, y como zona de estudio una ciudad en un país emergente, en

este caso la ciudad de Aguascalientes. Conocer estas causalidades ayudará a identificar las variables más críticas introducir políticas de educación en seguridad vial de acuerdo a los distintos estratos sociales y al entorno urbano en el que se desenvuelven (como exponen Graham y Glaister, 2003), para brindar así mayor seguridad a estos usuarios en los entornos urbanos.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La modernización y el desarrollo de un país impacta en su seguridad vial, convirtiendo los accidentes de tráfico en un problema de salud pública (Hijar *et al.*, 2001). Estos países en desarrollo son conocidos como emergentes y México es uno de ellos. En Berhanu (2004) declara que la mayoría de las ciudades modernas de los países emergentes no tienen un control adecuado de la planeación urbana, ocasionando la mezcla en los usos de suelos y provocando conflictos viales. A pesar de que los países emergentes cuentan con recursos limitados para desarrollar medidas que reduzcan estos accidentes, han generado medidas basadas en educación vial, leyes de tránsito e ingeniería de tránsito para atacar este problema.

De acuerdo con Factor *et al.* (2007), existe una gran variedad en las características socioeconómicas de un país, por ejemplo, las clases sociales, el género, las edades, el ingreso, entre otras. Así mismo expone que estas diferencias pueden afectar las percepciones de tránsito de los usuarios viales y causar conflicto entre ellos cuando conviven en la misma vía, provocando un aumento en la probabilidad de sufrir un accidente vial.

México ha registrado un promedio de 15 000 muertes por año causadas por estos accidentes (ITF, 2016). Por su parte la STCONAPRA (2016), expresa que, de acuerdo al tipo de usuario, los peatones son quienes concentran el mayor número de fallecimientos, en 2014 se registraron 8,214 peatones y además de 324 ciclistas muertos. Elvik (2009) expone que es cuatro veces más probable que sufras un accidente cuando vas caminando y siete puntos cinco veces más si vas en bicicleta que cuando conduces un automóvil.

1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.3.1 HIPÓTESIS

Existe una correlación entre las características socioeconómicas de los peatones y conductores involucrados en atropellamientos. Las variables más significativas para el modelo de predicción de accidentes son el uso de suelo, la densidad de población, la edad del peatón y conductor y el ancho de las vialidades.

1.3.2 OBJETIVO

Analizar y caracterizar los accidentes viales estimando un modelo estadístico, para determinar la probabilidad de presencia de accidentes de peatones, relacionando las características socioeconómicas de los usuarios, el uso del suelo y las características de la vía.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En esta sección se aborda el contexto y relación de la movilidad urbana y los accidentes viales. Otro aspecto que se describe en este capítulo son los modelos estadísticos utilizados para analizar el fenómeno de accidentabilidad vial.

2.1 MOVILIDAD URBANA

El ser humano se caracteriza por ser una especie dinámica, es decir, que esta en constante cambio y movimiento. Estos movimientos se deben a diferentes necesidades, por ejemplo, alimentación, trabajo, educación, salud, ocio, entre otros. Dicho lo anterior, podemos definir a la movilidad como la necesidad del ser humano de desplazarse de un lugar a otro para realizar distintas actividades. Estos desplazamientos pueden realizarse de diferente forma, ya sea a pie, en bicicleta, motocicleta, automóvil o transporte público. Además, estos desplazamientos se realizan en los lugares donde estas personas residen, trabajan, estudian, etc., convirtiendo la estructura de una ciudad y su crecimiento de una pieza clave para la movilidad (Alcántara Vasconcellos, 2010).

Entre más crece una ciudad, mayor se vuelve la longitud de los desplazamientos, lo cual obliga a las personas a no poder realizarlos a pie, debido al gran esfuerzo físico y tiempo de trayecto que esto implica. Por lo tanto, es necesario que las grandes ciudades cuenten con la infraestructura adecuada y los medios de transporte necesarios para apoyar la movilidad de personas y hasta de mercancías. La mala planeación de la estructura de las ciudades en crecimiento puede atraer problemas sociales, económicos y ambientales. Por ejemplo, como se mencionó anteriormente, este crecimiento nos lleva a utilizar el automóvil con mayor frecuencia lo que causa congestión del tráfico y por consiguiente contaminación ambiental.

El desarrollo urbano que se ha dado en los países emergentes ha traído consecuencias que impactan las condiciones de movilidad de las personas. Obregón-Biosca y Betanzo-Quezada (2015) exponen que en la mayor parte de las grandes ciudades la población con menor ingreso reside en la periférica, donde el costo de vivienda es menor o más accesible que en el centro de la ciudad. Al mismo tiempo en estas zonas el uso del transporte público es mayor. Por otro lado, en zonas de ingresos medios y altos son mas comunes los desplazamientos en vehículo privado.

2.2 ACCIDENTES VIALES

Los accidentes de tráfico son un problema de salud pública internacionalmente reconocido, de acuerdo con IRTAD (2017), alrededor de 1.5 millones de personas mueren en accidentes de tráfico cada año y decenas de millones quedan gravemente heridas en todo el mundo. Hajar *et al.* (2003) plantea que estos accidentes afectan a los conductores de los vehículos, a los ciclistas, a los motociclistas y a los peatones, pero Rifaat *et al.* (2011) afirma que los usuarios más afectados son los peatones y los ciclistas. Los factores principales relacionados con estos accidentes se dividen en tres categorías: demográficos (genero, edad, uso de suelo, entre otros), contextuales (flujo, velocidad, entre otros) y de comportamiento (tiempo de espera para cruzar una calle, tiempo de reacción, entre otros) (Zhuang y Wu, 2012). Pulugurthaa y Sambharab (2011) afirman que los valores que definen estos factores son utilizados para desarrollar modelos que estimen la probabilidad de accidentes de tráfico.

2.2.1 TIPOS DE ACCIDENTES VIALES

United Nations (1989), Harris (1990), WHO (2009) y Adeloje *et al.* (2016) definen un accidente vial como la colisión sufrida por una o varias personas con el papel de conductor o pasajero de un vehículo o de peatón, ocurrida en una vialidad, en donde estas personas resultaron lesionadas o muertas.

Una variable importante que permite identificar las características de estos eventos viales se refiere al tipo de accidente (Inegi, 2016). Los tipos de accidente vial definidos por Inegi son: colisión, volcadura y salida del camino. Dentro de colisión podemos tener los siguientes:

- Colisión con vehículo automotor
- Colisión con peatón (atropellamiento)
- Colisión con motocicleta
- Colisión con ciclista
- Colisión con objeto fijo

2.3 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES

2.3.1 DEFINICIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS

En Haghghatpour y Moayedfar (2014) y Juan Aparicio *et al.* (2004) se expresa que un modelo es la representación matemática mediante observaciones de un fenómeno real para entender su comportamiento bajo distintas circunstancias. En éste último se propone el siguiente proceso para la realización de un modelo y el análisis estadístico de un banco de datos:

1. Contextualización del problema.
2. Inspección gráfica e identificación de tendencias.
3. Consideración de hipótesis distribucionales y relacionales. Propuesta de modelos.
4. Ajuste y revisión de modelos. Comparación y selección del mejor modelo.
5. Valoración de la capacidad predictiva del modelo.
6. Interpretación y conclusión.

En James K. Lindsey (1997) nos dice que nuestros modelos pueden ser deterministas o probabilísticos. Los primeros son los que pueden explicar un fenómeno con resultados precisos, es decir, sin errores; por otra parte, los

probabilísticos se utilizan para fenómenos que presentan aleatoriedad, por lo que los resultados incluyen un error.

Haghighatpour y Moayedfar (2014) exponen que los modelos utilizados en la predicción de accidentes tienen el propósito de identificar la relación entre el número de percances viales y la variable dependiente, es decir los factores relacionados con estos percances. Además, expone que los modelos fundamentales para la estimación de accidentes de tránsito son: regresión lineal múltiple, regresión Poisson y negativo binomial.

2.3.2 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Rencher y Schaalje (2008) exponen que este modelo es utilizado para predecir el número de accidentes relacionando varias variables, proporcionando una mejor comprensión del fenómeno de interés y es utilizado para describir datos, estimar parámetros, seleccionar variables y controlar las variables de salida. Tiene la siguiente forma:

$$Y = \beta_i + \sum \beta_{ij} X_{ij}$$

Ecuación 2.1

donde:

Y_i : Variable dependiente (número de accidentes)

X_i : Variables independientes

β_i : Coeficiente de variables desconocidas.

Garach *et al.* (2016) exponen que los primeros modelos de predicción de accidentes fueron desarrollados mediante la regresión lineal simple o múltiple. Este modelo asume que la variable dependiente es continua, que sigue una distribución normal y que tiene una varianza constante (Berhanu, 2004).

Una aplicación con el modelo de regresión lineal fue la reportada en Hajar *et al.* (2003), realizada en la ciudad de México. Las variables utilizadas fueron la edad y el género. Se encontró un incremento de accidentes para ambos sexos en el grupo de hasta 14 años, para varones en el grupo de 10 a 14 años y para mujeres en el grupo de 50 años o más. Otra aplicación se realizó en Kadali y Vedagiri (2016), quienes utilizaron variables como edad y género de los peatones, velocidad de los vehículos, número de carriles, entre otras. Como resultados se obtuvo que los peatones de mayor edad son los más propensos a sufrir accidentes de tráfico y no se encontraron efectos significativos del género para estos accidentes, sin embargo, se encontraron otros factores que eran más significativos, como es el comportamiento del peatón.

2.3.3 MODELO DE REGRESIÓN POISSON

En Cameron y Trivedi (1986) se expone que este modelo pertenece a los modelos lineales generalizados y que su principal bondad es analizar datos discretos no negativos de eventos raros, sin embargo, resulta inapropiado cuando la frecuencia de ocurrencia es baja ya que su media y varianza no coinciden con la equidispersión de la distribución poisson. Berhanu (2004) afirma que los modelos de regresión lineal múltiple no describen de forma adecuada el fenómeno de accidente de tránsito, ya que carece de la propiedad distributiva necesaria para describir eventos aleatorios, discretos y no negativos, como lo es este fenómeno. El modelo Poisson sigue la forma:

$$P(Y_i = y_i) = \frac{e^{-\mu_i[X_i, \beta]} \mu_i[X_i, \beta]^{y_i}}{y_i!}$$

Ecuación 2.2

donde:

$P(y_i)$: Probabilidad de y_i accidentes

Y_i : Número de accidentes observados en una sección i en un periodo de tiempo dado

$\mu_i(x_i, \beta)$: promedio de accidentes en una sección i

X_i : Variables independientes

β_i : Coeficiente de variables desconocidas.

2.3.4 MODELO DE REGRESIÓN BINOMIAL NEGATIVO

En Hadi *et al.* (1995) y Amis (1996) se ha demostrado que los modelos Binomial Negativo fueron generados a partir del modelo de regresión lineal múltiple y puede ser usado cuando los datos presentan sobredispersión, es decir, que existe exceso de variación en los datos. El modelo Binomial negativo tiene la siguiente forma:

$$P(Y_i = y_i) = \frac{\gamma\left(y_i + \frac{1}{k}\right)}{y! \gamma\left(\frac{1}{k}\right)} \left[\frac{k\mu_i}{1 + k\mu_1} \right]^{y_i} (1 + k\mu_1)$$

Ecuación 2.3

donde:

$P(y_i)$: Probabilidad de y_i accidentes

Y_i : Número de accidentes observados en una sección i en un periodo de tiempo dado, μ_i : promedio de accidentes en una sección i

X_i : Variables independientes

k : parámetro de la intersección

Por su parte en Lyon *et al.* (2002) se utiliza un modelo negativo binomial para analizar los accidentes viales entre vehículos y peatones, donde las variables consideradas son el número de peatones y vehículos. El modelo se desarrolló para intersecciones de cuatro y tres ramas. Con el uso de estos modelos encontraron que los accidentes vehiculares siguen una relación no lineal. Además, se encontró que el número de accidentes aumenta al aumentar el volumen de vehículos que dan vuelta izquierda.

Berhanu (2004) utiliza los modelos Poisson y binomial negativo para analizar los datos de accidentes vehiculares, utilizando como variables las características de la vía y volumen del tráfico (vehicular y peatonal). Ambos modelos confirman la hipótesis de este estudio, la cual es que la mala infraestructura vial y la operación del tráfico son los posibles contribuyentes de los accidentes de tráfico en Addis Abeba.

En Kim *et al.* (2006) se presentan las variables de uso de suelo, población, ocupación y salario para estudiar los accidentes de tránsito. Para relacionar estas variables se utilizó un modelo binomial negativo. Se encontró que la población influye tanto en accidentes vehículo-vehículo, vehículo-peatón y vehículo-ciclista, mientras que el uso de suelo, como parques y centros comerciales, afecta más a los accidentes entre vehículo-peatón y que los accidentes entre vehículo-ciclista no se ven afectados por las actividades económicas.

Soro y Wayoro (2018) se exploran los predictores de las muertes causadas por accidentes viales, haciendo uso de un modelo binomial negativo. En sus modelos utilizaron variables demográficas, de comportamiento al conducir y de infraestructura. Se encontró buen comportamiento de los modelos utilizados, los cuales revelaron que las muertes causadas por accidentes viales aumentan con el nivel de ingreso nacional.

3. METODOLOGÍA

En esta sección se muestra el desarrollo de la metodología para analizar los accidentes viales que involucren a peatones y determinar su probabilidad mediante un modelo estadístico binomial negativo.

Los pasos para el desarrollo de esta investigación son los siguientes:

1. Determinación de la zona de estudio
2. Recopilación de información
3. Base de datos
4. Desarrollo de modelos binomiales negativos

A continuación, se explicará de forma detallada cada paso mencionado anteriormente.

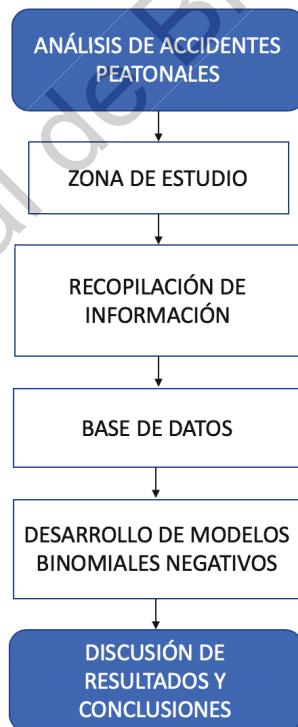


Figura 3.1: Diagrama de metodología para el desarrollo de la investigación
Fuente: Elaboración propia.

3.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

A nivel nacional, la principal causa de muerte en personas entre 15 y 29 años son los accidentes de tránsito (Organización Mundial de la Salud, 2018). Podemos observar en la Tabla 3.1 los 10 estados con las mayores tasas de mortalidad generadoras por accidentes de tránsito entre 2014 y 2016, donde se encuentra Zacatecas, Tabasco, Sinaloa, Durango, Nayarit, Sonora, Guanajuato, San Luis Potosí, Aguascalientes y Colima, siendo 28.8 y 17.4 las tasas mayor y menor respectivamente. Además, en la Tabla 3.2 se muestran las tasas de mortalidad por tipo de usuario, teniendo al peatón como el más vulnerable, seguido por el ciclista, el motociclista y los ocupantes de los vehículos. En el caso de los peatones, la mayor tasa se encuentra en Sinaloa con 12.3, seguida por Tabasco con 10.8, Nayarit con 9.7, Durango con 9.2, Aguascalientes con 8.8, Guanajuato con 8.6, Sonora con 7.7, San Luis Potosí con 7.6, Colima 6.4 y Zacatecas con 4.8. Los datos muestran que deben implementarse medidas de seguridad vial en estos estados dirigidas a los usuarios más vulnerables, ya que el Observatorio Nacional de Lesiones y CONAPO estiman cinco o más peatones fallecidos por cada 10 muertes causadas por accidentes de tránsito.

Tabla 3.1: Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito, México 2014-2016.

	Zacatecas	Tabasco	Sinaloa	Durango	Nayarit	Sonora	Guanajuato	San Luis Potosí	Aguascalientes	Colima
2014	24.6	25.1	23.6	21.3	18.1	19.5	15.5	18.7	17.5	15
2015	23.7	27.4	23.1	22	17.4	16.4	16.1	16.3	15.5	18.2
2016	28.8	26.8	24.2	23.6	22.9	18.7	18.6	18.5	17.6	17.4

Fuente: Elaborado por el Observatorio Nacional de Lesiones con datos del INEGI y del CONAPO 2014-2016.

Tabla 3.2: Tasa de mortalidad por tipo de usuario, México 2016.

	Zacatecas	Tabasco	Sinaloa	Durango	Nayarit	Sonora	Guanajuato	San Luis Potosí	Aguascalientes	Colima
Peatones	4.8	10.8	12.3	9.2	9.7	7.7	8.6	7.6	8.8	6.4
Ciclistas	0.1	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4	0.3	0.4	0.8	0.7
Motociclistas	3.9	9.6	5.2	3.5	5.2	2.9	3.8	4.6	3.2	4.9
Ocupantes	20	5.8	6.2	10.1	7.4	7.7	5.9	5.9	4.3	5.4

Fuente: Elaborado por el Observatorio Nacional de Lesiones con datos del INEGI y del CONAPO, 2016.

Es por eso que el presente estudio se realizó en el municipio de Aguascalientes, capital del estado de Aguascalientes, contando con una tasa de mortalidad por accidentes de usuario de 17.6 para el año 2016, ubicándolo en el 8vo lugar y por tipo de usuario en 5to lugar, con una tasa de 8.8.

Este estado se localiza en la región centro-norte del país, colindando al norte con el estado de Zacatecas y al sur con Jalisco. Cuenta con una superficie de 5 616 km² y una población de 1 184 996 habitantes (INEGI, 2010). Se conforma por once municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, El Llano y San Francisco de los Romo; siendo Aguascalientes la capital del estado. El municipio de Aguascalientes tiene una superficie de 1 169 km² y una población de 797 10 habitantes (INEGI, 2010), en la Figura 1 se muestra su ubicación junto con la división municipal del estado y colindantes.



Figura 3.2: División municipal del estado de Aguascalientes

Fuente: Elaboración propia.

3.2 RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

La recolección de datos se hizo con el apoyo del Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA), la cual proporcionó los datos que se tienen de los accidentes de tránsito ocurridos en el estado de Aguascalientes. La información proporcionada data de el año 2013 hasta julio del 2018. Algunas de las variables contenidas en los archivos proporcionados son fecha, hora, tipo de accidente, lugar del accidente, tipo de vehículo, edad y sexo del conductor, edad y sexo del peatón, entre otros. Posteriormente se realizó una depuración de los datos para así obtener la base, la cual cuenta con un total de 205 accidentes. En la Tabla 3.3 se muestra el total de accidentes reportados según el año.

Tabla 3.3: Resumen de los accidentes viales reportados en el municipio de Aguascalientes.

Año	Accidentes viales	Atropellamientos	Atropellamientos con datos
2018	447	92	28
2017	1379	181	52
2016	873	165	38
2015	2997	362	50
2014	1309	120	21
2013	4198	74	16

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ISSEA.

Por su parte, los datos de uso de suelo fueron obtenidos de los mapas publicados por el IMPLAN Aguascalientes, en el documento “PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES 2040: Ciudad que Evoluciona”. Y por último los datos del costo del suelo se consiguieron con ayuda de la plataforma “Visor Cartográfico del Estado de Aguascalientes”, creado por el Instituto Catastral del Estado de Aguascalientes.

3.3 VARIABLES

Las variables resultantes se muestran en la Tabla 3.4, incluyendo sus características estadísticas. Las variables son: si la intersección es semaforizada o no (SEMÁFORO), el tipo de vialidad uno (VIALIDAD_1), el número de carriles de la vialidad uno (CARRILES_1), el ancho de la vialidad 1 (ANCHO_1), el tipo de vialidad con la que intercepta (VIALIDAD_2), el número de carriles de la vialidad interceptada (CARRILES_2), el ancho de la vialidad 2 (ANCHO_2); el año (AÑO), hora (HR), día de la semana (DIA_SEM) y mes (MES) en el que se registró el accidente; costo (COST_SUE) y uso del suelo (USO_SUE), el vehículo implicado en el accidente (VEH), edad y sexo del conductor (ED_CON, SEX_CON) y edad y sexo del peatón (ED_PEA, SEX_PEA).

Tabla 3.4: Estadística descriptiva de las variables.

Variable	Media	Desv. Est.	Min.	Max.
SEMÁFORO	0.40000	0.49110	0	1
VIALIDAD_1	1.67317	0.82576	1	3
CARRILES_1	4.50732	2.42054	1	8
ANCHO_1	13.87317	7.20998	3	24
VIALIDAD_2	2.49268	0.70446	1	3
CARRILES_2	2.59512	1.92938	1	8
ANCHO_2	8.05882	5.71546	3	24
AÑO	2015.84390	1.46362	2013	2018
HR	8.93659	9.00876	0	29
DIA_SEM	3.89268	2.04321	1	7

MES	6.31220	3.52861	1	12
COST_SUE	1642.85366	531.08636	200	3750
USO_SUE	6.50244	1.42672	1	9
VEH	3.51707	1.51332	0	10
ED_CON	36.08293	13.92902	14	76
SEX_CON	1.15610	0.36384	1	2
ED_PEA	41.17073	24.59027	1	93
SEX_PEA	1.37561	0.48547	1	2

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.3 se muestra la ubicación de los accidentes viales con peatones involucrados para la ciudad de Aguascalientes.



Figura 3.3: Ubicación de los accidentes viales de peatones.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

3.4 DESARROLLO DE MODELOS BINOMIALES NEGATIVOS

Los modelos binomiales negativos sirven para analizar fenómenos de conteo cuyos datos presentan sobre dispersión, tal es el caso de los accidentes de tránsito. Para realizar el modelo binomial negativo se utilizó el software R Studio, el cual es un software libre que permite realizar análisis estadísticos de todo tipo, incluyendo modelos de regresión lineal y no lineal.

Como análisis inicial, se incluyeron todas las variables de la base de datos, posteriormente, utilizando estadística, se identificaron las variables significativas y las insignificantes. Por su parte las variables insignificantes fueron excluidas del modelo. Además, se realizaron correlaciones entre dos variables, si se obtiene una fuerte correlación entre sí, pero una de ellas era una variable insignificante para el modelo, se excluye. Por otro lado, si una de las variables es significativa para el modelo, pero resultaba no tener una correlación fuerte con la otra variable, también será excluida.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, los cuales serán divididos en dos partes. La primera en donde se analizó la estadística descriptiva y la segunda, donde se hizo la estimación de varios modelos probabilísticos de ocurrencia de accidentes.

4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Los resultados obtenidos en la estadística descriptiva se muestran a continuación.

En la Figura 4.1 se ilustra la distribución de los accidentes de acuerdo al lugar del siniestro. El 60% (123) de los accidentes ocurrieron en intersecciones en los que no existe un semáforo, el 40% restante (82 siniestros). Por lo que se infiere que la

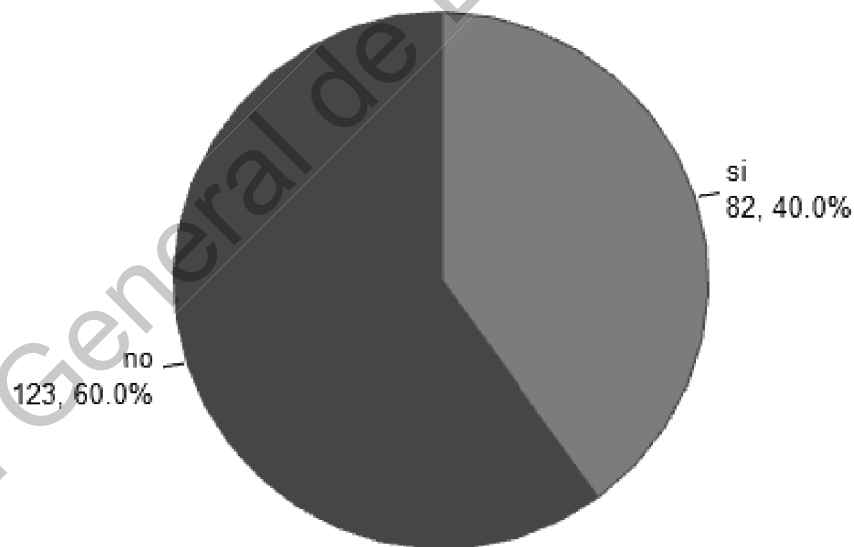


Figura 4.1: Distribución de intersecciones con semáforo.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

Como se ha mencionada anteriormente, los siniestros registrados en este trabajo de investigación ocurrieron en intersecciones. Para motivos ilustrativos se

estableció las denominaciones de primaria y secundaria para las vías en las que ocurrió cada uno de los accidentes. En la Figura 4.2 se puede observar la distribución de los tipos de vialidades primarias en las cuales fueron registrados siniestros. La mayoría de los accidentes (55.61%) ocurrió en vías arteriales, en las cuales el TDPA, ancho de vía y velocidades son mayores en comparación con los demás tipos de vialidades.

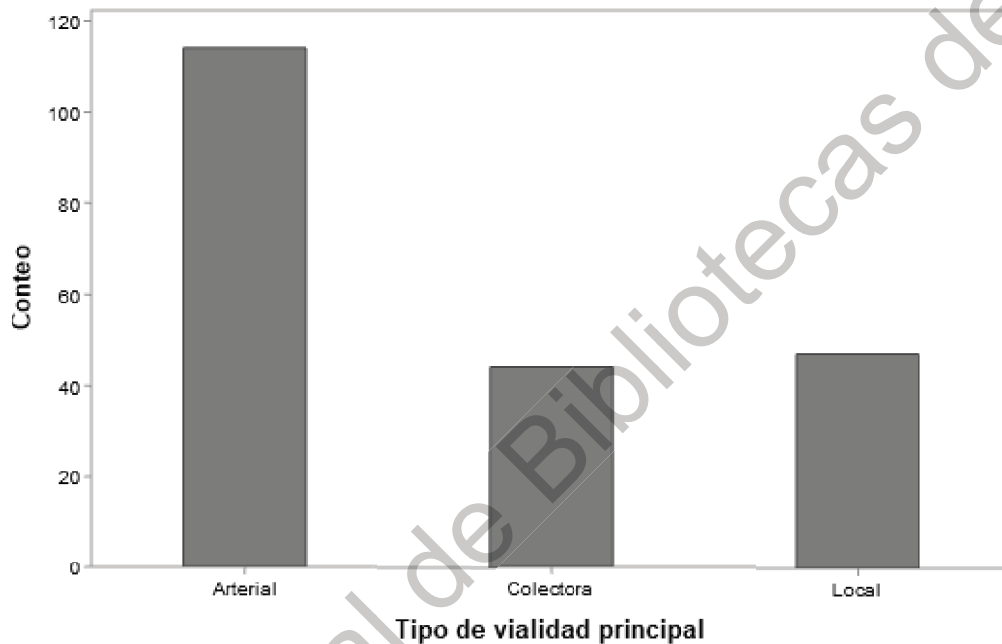


Figura 4.2: Distribución de accidentes por tipo de vialidad principal.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

Analizando la Figura 4.3, la cual ilustra la distribución de los accidentes de acuerdo al tipo de vialidad secundaria en la que estos ocurrieron, se observa que el mayor porcentaje de siniestros ocurrió en vías locales. Esto se relaciona con la figura 2, por lo que se puede deducir que la mayor cantidad de accidentes ocurren en intersecciones de vialidades arteriales con calles locales. Estos resultados tienen concordancia debido a que generalmente este tipo de intersecciones carecen de una semaforización adecuada, y por ende la probabilidad de una siniestralidad aumenta.

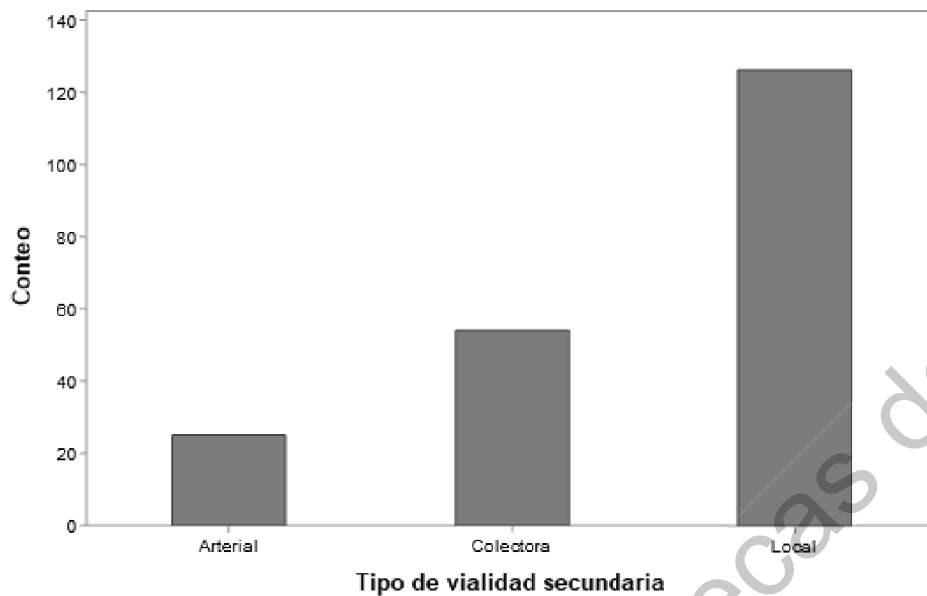


Figura 4.3: Distribución de accidentes por tipo de vialidad secundaria.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

Las Figura 4.4 y Figura 4.5 ilustran los anchos de calzada de las vías, así como la frecuencia de accidentes que ocurren en cada una de estas. Estos datos tienen relación directa con los resultados obtenidos en las Figura 4.2 y Figura 4.3. Este conjunto de figuras se demuestra que los accidentes ocurren con mayor frecuencia en vialidades primarias con anchos mayores a 12 metros (arteriales) y en vialidades secundarias con anchos de calzada menores a 7 metros (locales), por lo que también se demuestra que existe mayor probabilidad de siniestralidad en intersecciones de vías arteriales y locales donde generalmente se carece de semaforización.

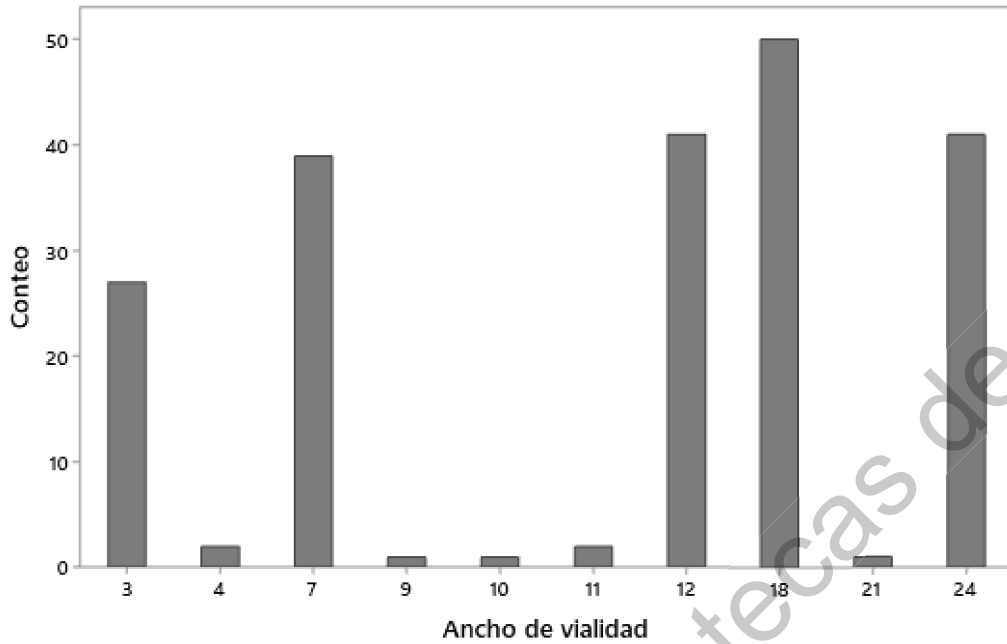


Figura 4.4: Ancho de calzada vialidades primarias.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

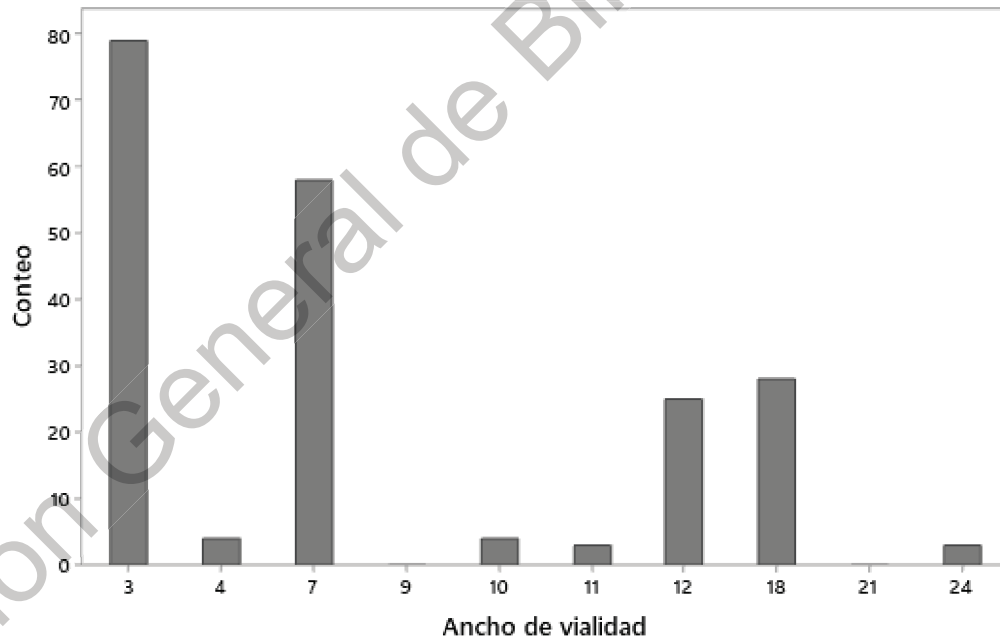


Figura 4.5: Ancho de calzada vialidades secundarias.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La distribución de accidentes de acuerdo al horario en el que ocurrieron se muestra en la Figura 4.6. Como se puede observar la menor cantidad de accidentes ocurren en horarios matutinos, y con mayor relación en horarios vespertinos, con un pico de frecuencias en el rango denominado “tarde” el cual comprende horarios de salida de trabajo. Conforme avanza el tiempo, la frecuencia de accidentes desciende en horario de noche y tiende a subir durante la madrugada, donde los índices de visibilidad disminuyen, además de que este valor puede estar relacionado con el cansancio de los conductores y horarios de salida de centros nocturnos.

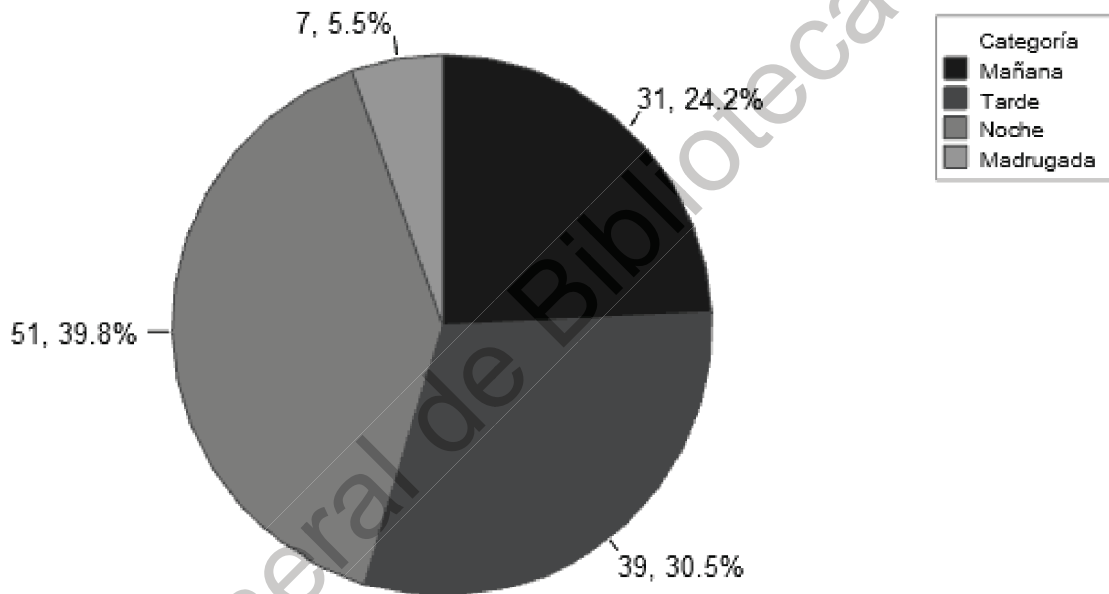


Figura 4.6: Frecuencia de accidentes por horarios.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La Figura 4.7 muestra la cantidad de accidentes registrados por cada día de la semana. Se puede observar existen dos picos de frecuencias a lo largo de la semana, uno durante el lunes (34 accidentes), en el cual actividades relacionadas con escuela, trabajo y transporte aumenta, por lo que la cantidad de accidentes

tiende a ser mayor. El segundo pico ocurre durante el sábado (32), en el cual las actividades recreacionales aumentan.

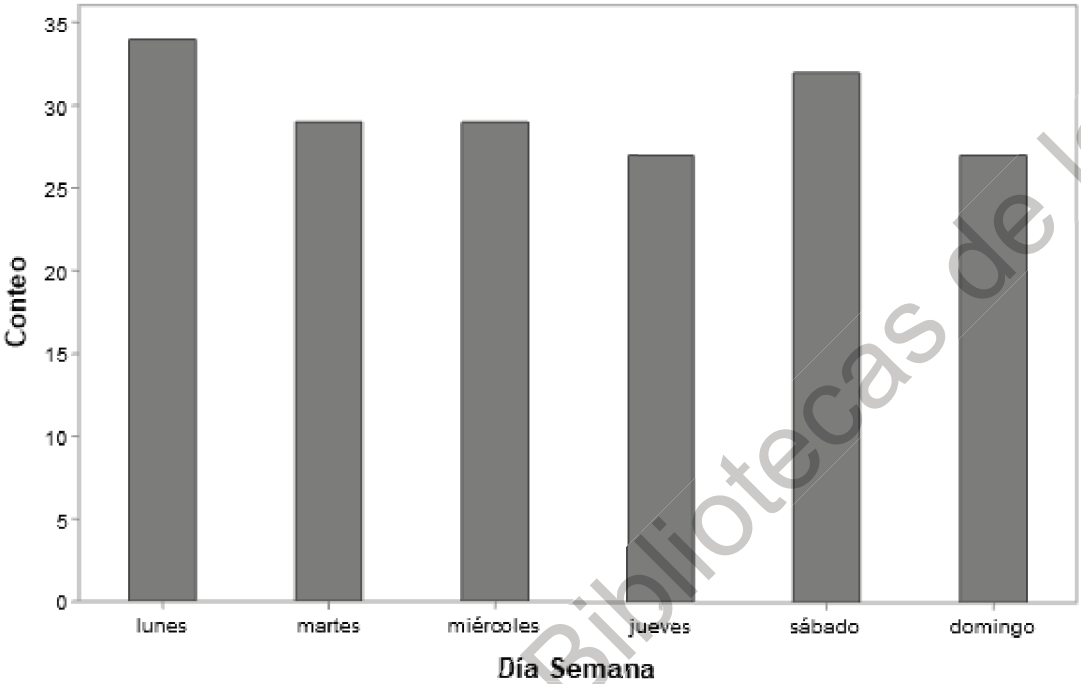


Figura 4.7: Frecuencia de accidentes por día de la semana.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La relación de accidentalidad respecto al tipo de vehículo se muestra en la Figura 4.8. Como se puede observar, existe una diferencia abismal entre la cantidad atropellamientos relacionados con automóviles privados en comparación con los demás medios de transporte. Esto tiene relación directa con el índice de motorización del estado de Aguascalientes, de acuerdo con INEGI (2018) se cuenta con un total de 569,134 vehículos registrados de los cuales, 357,999 (62.90%) corresponden a automóviles privados, por lo que se infiere que estos cuentan con una mayor probabilidad de participación en siniestros con peatones.

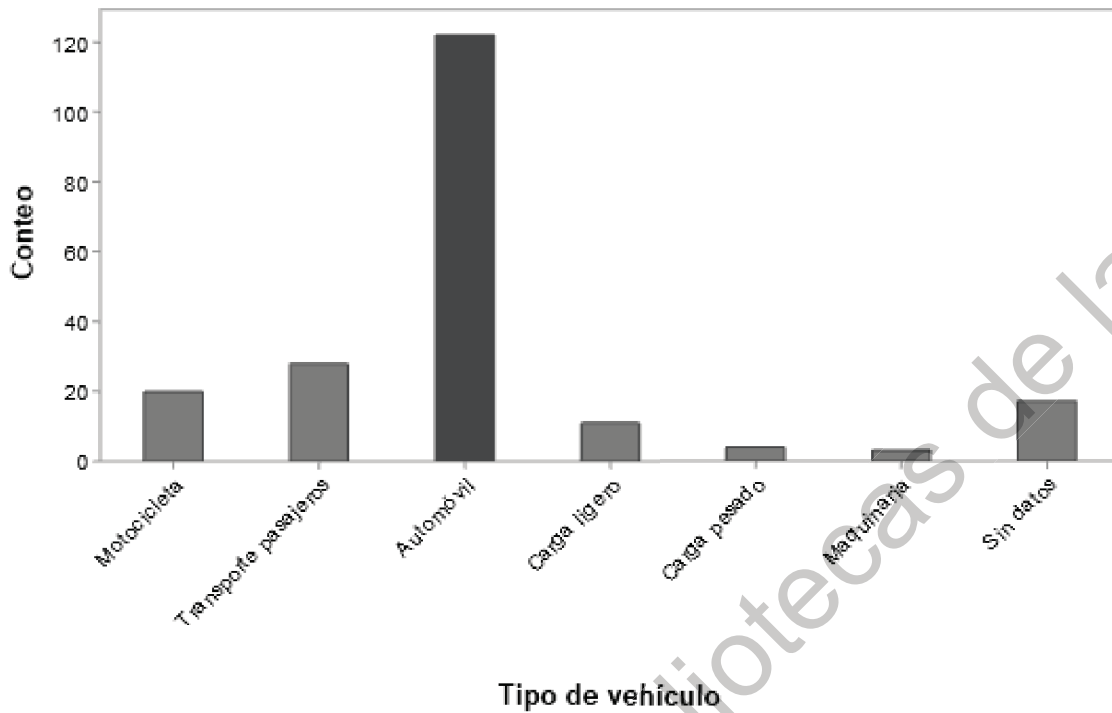


Figura 4.8: Frecuencia de accidentes por tipo de vehículo.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

En la Figura 4.9 se muestra la relación de accidentes respecto al sexo del conductor. Los resultados arrojan que del total de accidentes un 84.39% involucran a hombres y solo un 15.61% participaron mujeres.

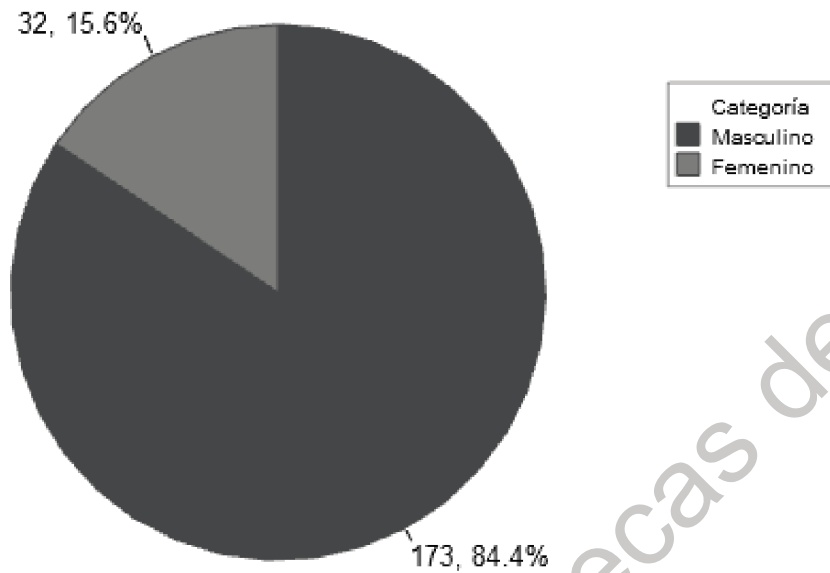


Figura 4.9: Frecuencia de accidentes por sexo del conductor.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La Figura 4.10 muestra la distribución de edades de los conductores involucrados en accidentes. Como se observa, los rangos de edades que presentan menor incidencia en siniestros son de 10-14 años y 75-79 años. El rango de edad que presenta el mayor porcentaje de conductores relacionados con accidentes corresponde al comprendido entre 25-29 años.

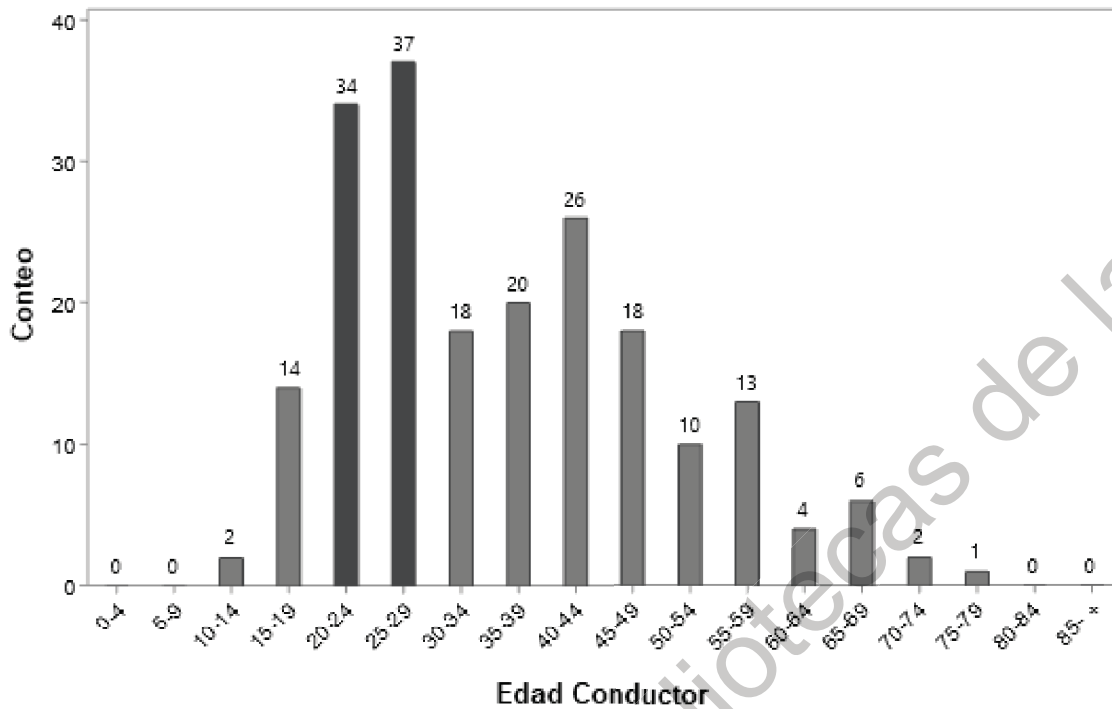


Figura 4.10: Frecuencia de accidentes por edad del conductor.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

De igual manera, la Figura 4.11 presenta la distribución de edades, pero en este caso de los peatones involucrados en atropellamientos. Como se observa, los rangos de edades menos susceptibles a ser atropellados corresponden a los menores de 4 años y a los mayores de 85 años. Los rangos que presentan mayor frecuencia de siniestros son los correspondientes a 10-14 años y 20-24 años, con 20% registrado para ambos rangos.

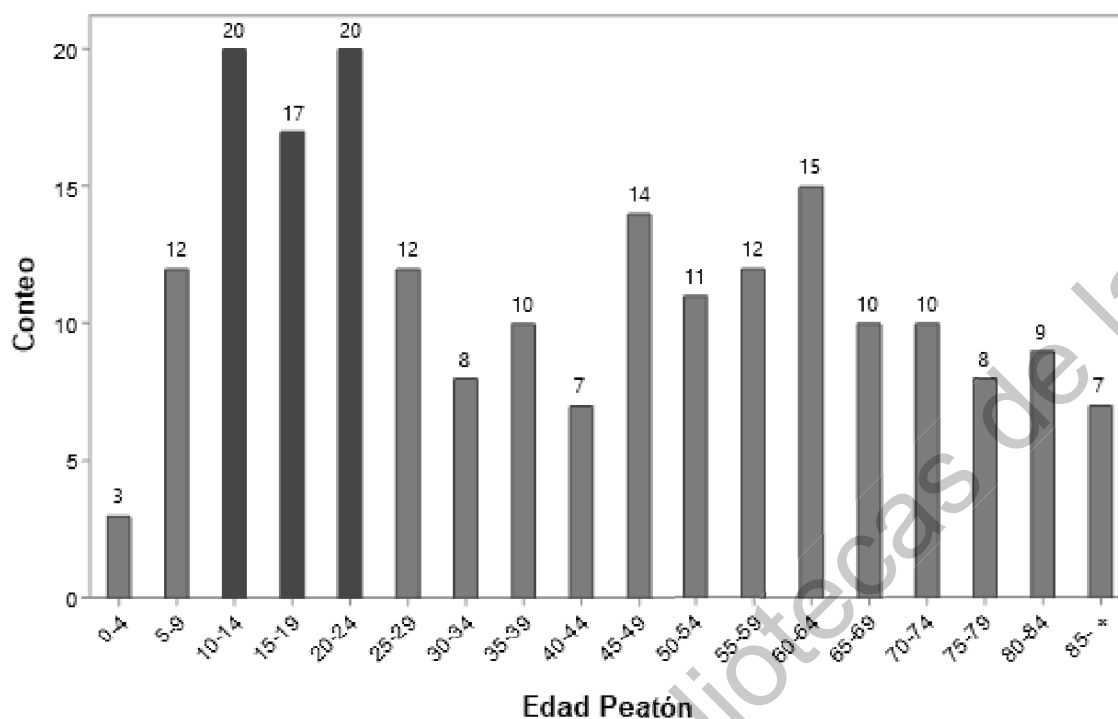


Figura 4.11: Frecuencia de accidentes por edad del peatón.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La Figura 4.12 ilustra la distribución de los peatones involucrados en atropellamientos respecto a su sexo. De la totalidad de accidentes registrados un 37.56% corresponden a mujeres y un 62.44% a hombres. Esto resulta una estadística llamativa, ya que se esperaría que los resultados para hombres y mujeres fueran semejantes, sin embargo, se establece que los peatones hombres tienen mayor probabilidad de verse involucrados en siniestros.

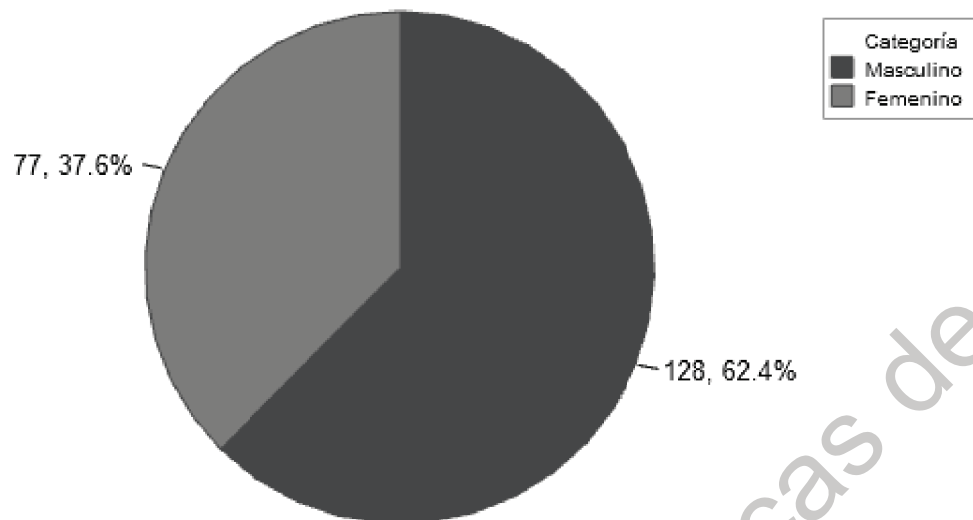


Figura 4.12: Frecuencia de accidentes por sexo del peatón.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

De nuevo en el aspecto geométrico de las vialidades donde se registraron atropellamientos, el 28.29% de la totalidad de accidentes ocurrieron en intersecciones donde se presentaban vueltas a la derecha continua, como se observa en la Figura 4.13. Y la mayor parte de estos accidentes ocurrieron en intersecciones donde no existían este tipo de giros con un 71.71%.

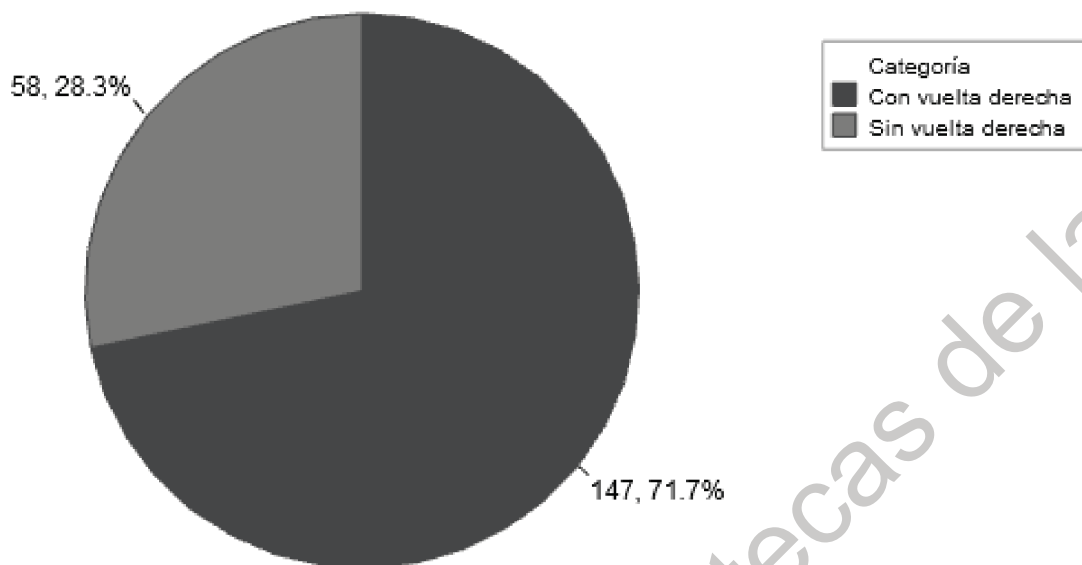


Figura 4.13: Frecuencia de accidentes en intersecciones con vuelta derecha continua.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

Para comprender de mejor manera el fenómeno de atropellamientos se analizó también su ubicación en relación a lugares próximos que pudieran afectar el flujo vehicular y peatonal. La Figura 4.14 muestra la distribución de accidentes de acuerdo a si existen paradas de autobús cerca de donde estos fueron registrados. De la totalidad de los últimos, un 38.05% ocurrió en lugares donde no se ubicaba una parada de autobús cercana y un 61.95% donde si lo hacía. Lo que podría explicar este comportamiento es que en estas paradas se encuentran generalmente concentraciones de personas en un espacio reducido, por lo que la probabilidad de verse involucrados en accidentes aumenta. De igual manera se analizó la existencia de escuelas cercanas a los lugares donde se registraron los accidentes (Figura 4.15), encontrando que solo un 20% del total de accidentes sucedieron cerca de escuelas y un 80% donde no existían escuelas a los alrededores. Por lo que no se encuentra una fuerte relación entre la ubicación de centros educativos y la probabilidad de verse involucrado en un accidente.

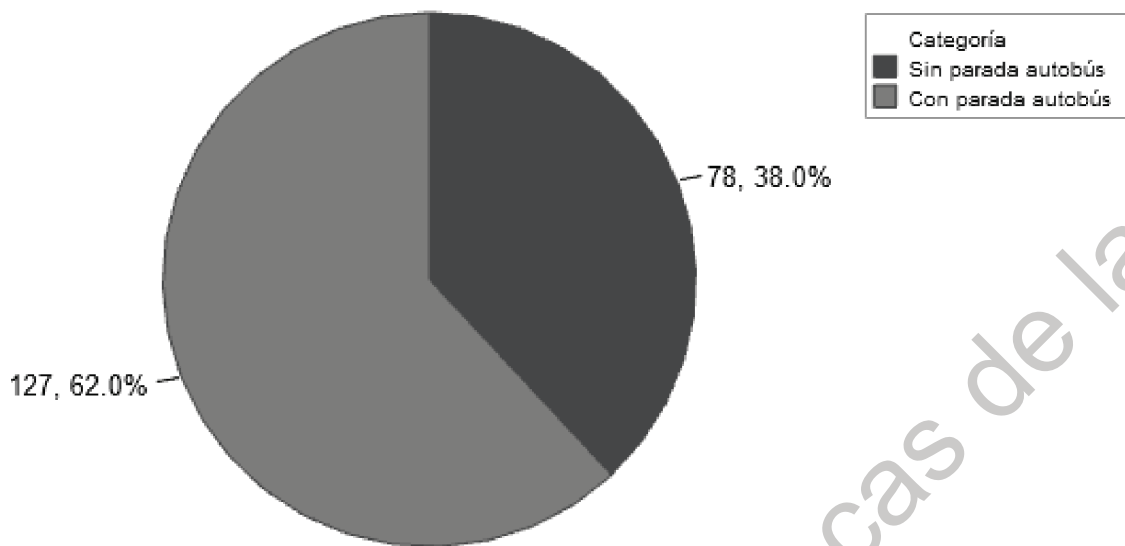


Figura 4.14: Frecuencia de accidentes en intersecciones con paradas de autobús.
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

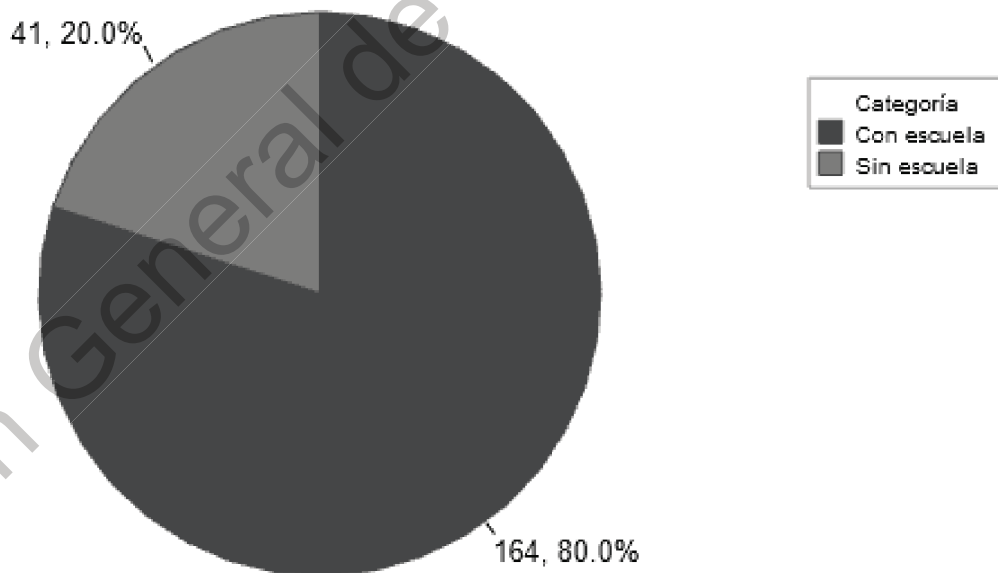


Figura 4.15: Frecuencia de accidentes en intersecciones con escuelas.
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

La Figura 4.16 muestra la distribución de los accidentes de acuerdo al uso de suelo de donde estos fueron registrados. En la figura 16 se puede observar que la mayor parte de los atropellamientos ocurrieron en zonas destinadas a la vivienda, con un 29.27% de accidentes en zonas habitacionales de nivel popular y en orden decreciente, las zonas habitacionales mixtas, zonas habitacionales de interés social y zonas habitacionales de nivel medio con 27.32%, 26.83% y un 12.68% respectivamente. De acuerdo a los resultados, las zonas dedicadas a usos agrícolas, comerciales, habitacionales e industriales presentan una mínima frecuencia de accidentes ocurridos, todas estas por un orden menor al 2% de la totalidad.

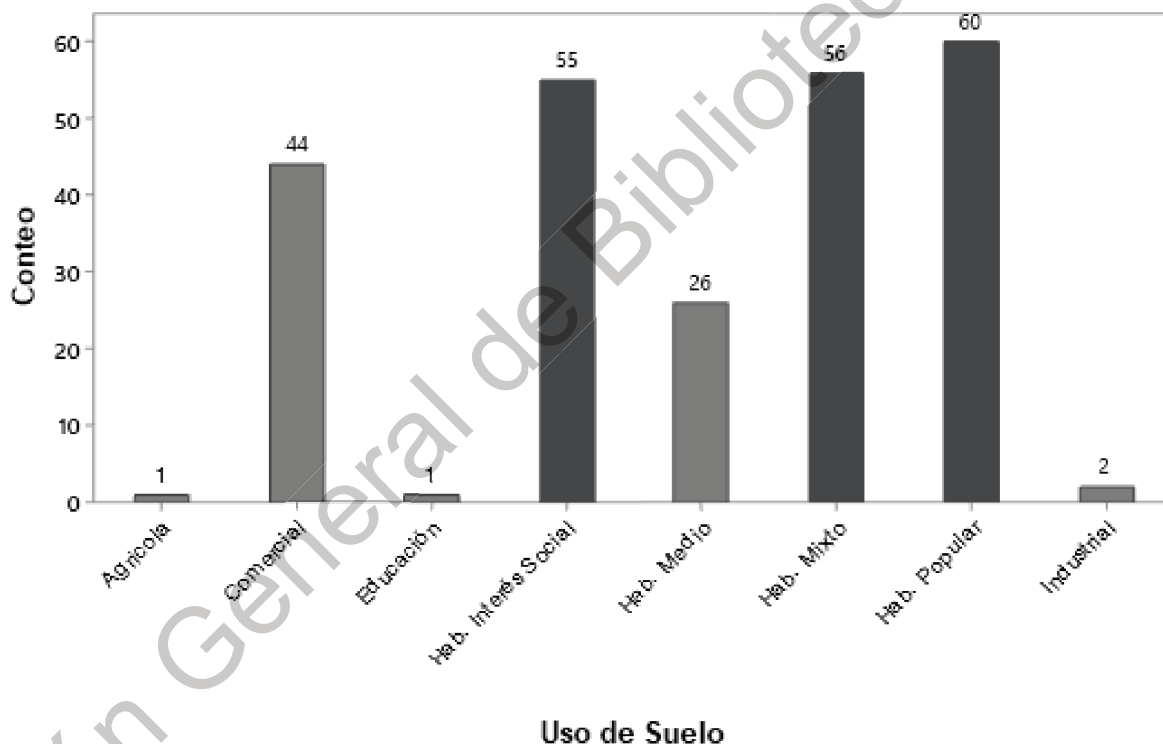


Figura 4.16: Frecuencia de accidentes por tipo de uso de suelo.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ISSEA

4.2 MODELOS

En esta sección se describen los modelos negativos binomiales usados para identificar los factores socioeconómicos y de características viales que son significativas para determinar la probabilidad de que un accidente ocurra en alguna intersección. Además, al realizar un análisis de correlación entre distintas variables encontramos que en ninguna se tiene una línea de tendencia, lo que quiere decir que los accidentes viales son eventos aleatorios independientes.

Como primer acercamiento para identificar los factores más significativos en la predicción de accidentes de tráfico de peatones se realizó una zonificación de la base de datos por tipo de uso de suelo y posteriormente se agruparon los accidentes de acuerdo con las edades de los conductores.

El Modelo 1 se muestra en la Tabla 4.2, el cual se compone de las siguientes variables: Tipo de vialidad principal (VIAL_1), ancho de principal (ANCHO_1), costo del suelo (COS_SUE), edad del conductor (ED_CON), uso de suelo residencial interés social (INT), uso de suelo mixto (MIX) y uso de suelo residencial popular (POP). Se observa que todas las variables son significativas.

Para este modelo las variables de VIAL_1, ANCHO_1, COS_SUE, INT, MIX y POP aumentan dicha probabilidad, mientras ED_CON la disminuye.

La variable VIAL_1 nos indica, al igual que en el Modelo 1, que las vialidades locales tienen mayor probabilidad de ser escenario de un accidente peatonal, y además apoyándonos de la estadística descriptiva, la cual nos dice que la mayoría de los accidentes ocurren en calles locales intersectadas con calles arteriales, mezclando velocidades de 30 a 40 km/hr con velocidades de 70 a 80 km/hr. Además de que estas intersecciones no se encuentran lo suficientemente señalizadas al no ser consideradas como intersecciones importantes.

Tabla 4.1, el cual se compone de las siguientes variables: Intersección semaforizada (SEM), tipo de vialidad principal (VIAL_1), densidad de población (DEN) y escuelas (ESC). Se observa que todas las variables son significativas.

Nuestros modelos tienen la finalidad de estimar la probabilidad de ocurrencia de un accidente, por lo tanto, las variables de SEM, VIAL_1 y DEN aumentan dicha probabilidad, mientras ESC la disminuye.

En lo referente a SEM, las intersecciones que cuentan con semáforos para controlar el tráfico presentan mayor probabilidad de ocurrencia de atropellamientos, ligándose al comportamiento de los conductores al momento de respetar las restricciones de las vialidades.

El tipo de vialidad (VIAL_1) presenta signo positivo, lo que nos indica, de acuerdo a las categorías asignadas (1=arterial, 2=colectora, 3=local), que en las vialidades locales se pueden presentar más atropellamientos, tal como se indica en la estadística descriptiva, ya que estas vialidades por lo general presentan la infraestructura adecuada para la interacción adecuada para los diferentes tipos de usuario.

La densidad de población, que también tiene signo positivo, nos indica que, a mayor densidad de población, mayor probabilidad de ocurrencia en atropellamientos, lo cual se liga que exista un mayor número de peatones en estas zonas.

Por último, la localización de escuelas cerca de las intersecciones tiene signo negativo, lo que significa que esta variable disminuye la probabilidad de atropellamientos en esa intersección. Se infiere que esto sucede debido a que en zonas escolares se tiene mayor señalamiento y se restringe la velocidad de circulación a 30 km/hr.

El Modelo 2 se muestra en la Tabla 4.2, el cual se compone de las siguientes variables: Tipo de vialidad principal (VIAL_1), ancho de principal (ANCHO_1), costo del suelo (COS_SUE), edad del conductor (ED_CON), uso de suelo residencial interés social (INT), uso de suelo mixto (MIX) y uso de suelo residencial popular (POP). Se observa que todas las variables son significativas.

Para este modelo las variables de VIAL_1, ANCHO_1, COS_SUE, INT, MIX y POP aumentan dicha probabilidad, mientras ED_CON la disminuye.

La variable VIAL_1 nos indica, al igual que en el Modelo 1, que las vialidades locales tienen mayor probabilidad de ser escenario de un accidente peatonal, y además apoyándonos de la estadística descriptiva, la cual nos dice que la mayoría de los accidentes ocurren en calles locales intersectadas con calles arteriales, mezclando velocidades de 30 a 40 km/hr con velocidades de 70 a 80 km/hr. Además de que estas intersecciones no se encuentran lo suficientemente señalizadas al no ser consideradas como intersecciones importantes.

Tabla 4.1: Modelo 1 para conductores

Variable	Coef.	Beta	Std. Error	z value	Pr(> z)	Signif.	Pr(>Chi)	Signif.
Intercept	1.37E+00		1.48E-01	9.28E+00	2.00E-16	***		
SEM	1.76E-01	2.22E-02	9.06E-02	1.94E+00	5.22E-02	.	5.35E-01	
VIAL_1	1.21E-01	2.57E-02	5.29E-02	2.28E+00	2.24E-02	*	4.71E-02	*
DEN	1.43E-03	3.49E-02	4.27E-04	3.36E+00	7.89E-04	***	2.02E-03	**
ESC	-2.34E-01	-2.42E-02	1.04E-01	-2.26E+00	2.39E-02	*	2.37E-02	*

NOTA

Residuales:

Min	Med	Max
-2.220	-0.207	2.149

Códigos de significancia:

0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

AIC: 1096.6

McFaden Pseudo R: 0.0827

Log likelihood: -1084.551

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2: Modelo 2 para conductores.

Variable	Coef.	Beta	Std. Error	z value	Pr(> z)	Signif.	Pr(>Chi)	Signif.	
Intercept	8.15E-01		2.98E-01	2.73E+00	6.31E-03	**			
VIAL_1	1.35E-01	2.87E-02	5.55E-02	2.43E+00	1.50E-02	*	2.87E-02	*	
ANCHO_1	1.57E-02	2.90E-02	6.51E-03	2.41E+00	1.58E-02	*	4.66E-02	*	
COS_SUE	2.85E-04	3.90E-02	8.51E-05	3.35E+00	8.00E-04	***	1.85E-02	*	
ED_CON	-1.10E-01	-7.96E-02	1.18E-02	-9.37E+00	2.00E-16	***	2.00E-16	***	
INT	1.05E+00	1.20E-01	1.50E-01	7.00E+00	2.66E-12	***	1.87E-01		
MIX	9.40E-01	1.08E-01	1.24E-01	7.57E+00	3.65E-14	***	8.70E-02	.	
POP	1.24E+00	1.45E-01	1.36E-01	9.09E+00	2.00E-16	***	2.00E-16	***	
NOTA							Min	Med	Max
Códigos de significancia:						Residuales:	-3.604	-0.113	2.363
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1									
		AIC:	958.35						
		McFaden Pseudo R:	0.5458						
		Log likelihood:	-940.345						

Fuente: Elaboración propia

El signo positivo del ancho de la vialidad (ANCHO_1) infiere que conforme aumente la dimensión de la vialidad, aumentará la probabilidad del atropellamiento, esto debido a que el tiempo para realizar el cruce es mayor, exponiendo más tiempo a los peatones.

El costo del suelo revela que, en costos de suelo bajos, la probabilidad del accidente es baja, por lo tanto al aumentar, también aumenta la probabilidad. Esta deducción solo aplica para usos de suelo mixto, ya que como se ven en la Figura 4.16, la mayor concentración de accidentes se da en las zonas habitacionales populares, de interés social y de uso mixto, donde se concentra más del 75% de los accidentes. De esto se deriva que para nuestro modelo estas variables (INT, MIX, POP) sean significativas para la predicción de accidentes, demostrando que en estas zonas la probabilidad de sufrir atropellamientos es mayor.

También se aprecia que de los coeficientes beta con mayor significancia son para las variables de ED_CON y COS_SUE, la primera con fuerza negativa, es decir, que disminuye la probabilidad de accidentes y la segunda con fuerza positiva, o bien que aumenta la probabilidad de los mismos.

Haciendo una comparativa entre el Modelo 1 y el Modelo 2, se observa que la Pseudo R es de 0.08 y 0.54, respectivamente, lo que nos revela que el Modelo 2 resulta más predictivo para este fenómeno. Asimismo, el valor del criterio de información de Akaike (AIC) reafirma que el Modelo 2 describe mejor el fenómeno, ya que presenta un valor menor.

En la segunda etapa de análisis de modelos, se realizó una zonificación de la base de datos por tipo de uso de suelo y posteriormente se agruparon los accidentes de acuerdo con las edades de los peatones y posteriormente identificar los factores más significativos.

Tabla 4.3: Modelo 3 para peatones.

Variable	Coef.	Beta	Std. Error	z value	Pr(> z)	Signif.	Pr(>Chi)	Signif.	
(Intercept)	1.02E+00		1.35E-01	7.53E+00	5.25E-14	***			
ED_PEA	-2.84E-02	-6.39E-02	7.23E-03	-3.93E+00	8.39E-05	***	3.54E-06	***	
INT	5.91E-01	1.20E-01	1.36E-01	4.34E+00	1.45E-05	***	6.59E-01		
MIX	6.37E-01	1.30E-01	1.35E-01	4.71E+00	2.53E-06	***	7.27E-01		
POP	8.35E-01	1.74E-01	1.32E-01	6.35E+00	2.19E-10	***	7.06E-12	***	
NOTA							Min	Med	Max
Códigos de significancia:						Residuales:	-2.320	-0.022	1.807
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1									
		AIC:	815.2						
		McFaden Pseudo R:	0.2984						
		Log likelihood:	-803.2						

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.3 se muestra el Modelo 3, y se compone de las siguientes variables: Edad del peatón (ED_PEA), uso de suelo residencial de interés social (INT) y popular (POP) y uso de suelo mixto (MIX).

En este modelo se puede apreciar que la edad de los peatones tiene signo negativo, lo que significa que los jóvenes y los niños corren más riesgo de sufrir un atropellamiento. En la Figura 4.11 podemos observar como el 50% de los accidentes ocurre a personas menores de los 30 años, mientras que los adultos mayores a 70 años ocurren apenas un 25%. De lo anterior se infiere que las personas mayores son más precavidas al cruzar las calles, además de que realizan menores viajes que los jóvenes, disminuyendo su exposición a sufrir un accidente vial.

Al igual que en el Modelo 2, las variables de uso de suelo INT, MIX y POP son significativas para la predicción de accidentes, reafirmando que en estas zonas la probabilidad de sufrir atropellamientos es mayor.

5. CONCLUSIONES

El propósito de esta investigación es caracterizar los accidentes viales peatonales a partir de un modelo binomial negativo, relacionando características socioeconómicas, de uso de suelo y de la vialidad. En el desarrollo de la investigación, en específico en la recolección de los datos, se tuvo problemas para conseguir la base de datos, ya que se cuenta con muy poca disposición de las dependencias para apoyar este tipo de proyectos. Además de que no se tiene una metodología establecida para el levantamiento de datos de accidentes, provocando que la información resulte inconsistente. Cabe mencionar que se intentó modelar las variables de tiempo que se tenían, como lo es el horario, el día de la semana y el mes en el que ocurrió el accidente, pero debido a que solo se cuenta con una base de datos de 5 años y los accidentes de tránsito son fenómenos aleatorios, no se puede tener una tendencia en los mismos ya que solo se produjeron un máximo de 3 accidentes en un mismo punto, lo que los hace poco frecuentes.

De acuerdo con la metodología que se siguió a lo largo de esta investigación, la teoría consultada, los resultados y el análisis de los mismos, los modelos binomiales negativos demostraron un buen ajuste para describir el fenómeno de atropellamiento y el uso de suelo, la densidad de población, la edad del peatón y conductor, el ancho de las vialidades, el tipo de vialidad y el costo del suelo son las variables más significativas con respecto a las demás, por lo tanto, se llega a la conclusión de que la hipótesis si se cumplió. Sin embargo, cabe mencionar que la densidad de población se encuentra en el Modelo 1, el cual fue menos predictivo que el Modelo 2, al tener un valor de Pseudo R^2 menor, por lo que se considera una variable con menor jerarquía.

Las predicciones del Modelo 2 resultan correctas al analizar los datos obtenidos de la estadística descriptiva, pues como se observa, conforme la edad del conductor aumenta la probabilidad de que este resulte involucrado en un

accidente disminuye. Asimismo, se tiene que las intersecciones de las vialidades locales y las vialidades con mayor arroyo vehicular (arteriales) aumentan la probabilidad del siniestro, dado que este tipo de intersecciones tienen una variación de velocidad aproximada de 30 km/hr y su pobre señalización derivada de no ser considerada una intersección importante. Para los usos de suelo, tenemos el mixto, que como se vio en la literatura, tener mezclas de diferentes usos de suelo en una misma zona propicia la ocurrencia de accidentes viales. En los usos de suelo habitacional de interés social y popular, también se espera mayor probabilidad de accidentes, debido a que estas zonas cuentan con una mayor densidad de población, lo que aumenta el número de peatones en la zona.

De acuerdo a lo establecido en el Modelo 3, la probabilidad de verse involucrado en atropellamientos decrece en relación al incremento de edad del peatón, ya que los adultos mayores a 70 años presentan una menor frecuencia de accidentes, por lo que las aseveraciones obtenidas del modelo resultan ciertas. En este modelo al igual que en el Modelo 2, se repitieron las mismas variables de uso de suelo, confirmando la significancia de dichas variables (INT, MIX y POP).

Podemos concluir que ambos modelos son buenos predictores de accidentes, teniendo en cuenta que se repiten cuatro variables en ambos. Por consiguiente, acciones específicas deben ser implementadas para disminuir el número de accidentes. Por ejemplo, mejorar la infraestructura en las intersecciones de vialidades arteriales con locales, mejorando su señalamiento y regularizando las variaciones de velocidad. También se podrían implementar campañas de seguridad vial dirigidas a niños y jóvenes para concientizar a la población. No olvidemos hacer hincapié en la importancia que tiene la obtención de los datos para el desarrollo de las bases de datos para analizar los accidentes, pues la falta de datos o la incoherencia en los mismos es una limitante para el desarrollo de modelos predictivos que permitan disminuir la ocurrencia de atropellamientos.

6. REFERENCIAS

Abdel-Aty, Mohamed, Chundi, Sai Srinivas y Lee, Chris (2007). Geospatial and log linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school aged children. *Journal of Safety Research*, 38, 571-579.

Adeloye, Davies, Jacqueline Y Thompson, Akanbi, Moses A., Azuh, Dominic, Samuel, Victoria, Omoregbe, Nicholas y Ayo, Charles K. (2016). The burden of road traffic crashes, injuries and deaths in Africa: a systematic review and meta-analysis. *Bull World Health Organ*, 94, 510-521.

Alcántara Vasconcellos, Eduardo (2010), Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad, Bogotá, Colombia: Editor CAF.

Asiamah, Grace, Mock, Charles y Blantari, Jones (2002). Understanding the knowledge and attitudes of commercial drivers in Ghana regarding alcohol impaired driving. *Injury Prevention*, 8, 53-56.

Berhanu, Girma (2004). Models relating traffic safety with road environment and traffic flows on arterial roads in Addis Ababa. *Accident Analysis and Prevention*, 36 (5), 697-704.

Cai, Q., Lee, J., Eluru, N. y Abdel-Aty, M. (2016). Macro-level pedestrian and bicycle crash analysis: incorporating spatial spillover effects in dual state count models. *Accident Analysis and Prevention*, 93, 14–22.

Caliendo, Ciro, Guida, Maurizio y Parisi, Alessandra (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 657-670.

Chimba, Deo, Musinguzi, Abram y Kidando, Emmanuel (2018). Associating pedestrian crashes with demographic and socioeconomic factors. *Case Studies on Transport Policy*, 6 (1), 11-16.

Dinga, Chuan, Chenb, Peng y Jiao, Junfeng (2016). Effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency and risk. *Journal of Transport and Health*, 112, 116-126.

Dong, C., Clarke, D.B. y Yan, X. (2014). Multivariate random- parameters zero-inflated negative binomial regression model: an application to estimate crash frequencies at intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 70 (5), 320-329.

El-Basyouny, Karim y Sayed, Tarek (2009). Accident prediction models with random corridor parameters. *Accident Analysis and Prevention*, 41 (5), 1118-1123. DOI: 10.1016/j.aap.2009.06.025.

Elvik, Rune (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis and Prevention*, 41 (4), 849-855.

Factor, Roni, Mahalel, David y Yair, Gad (2007). The social accident: A theoretical model and a research agenda for studying the influence of social and cultural characteristics on motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 39 (5), 914-921.

Forjuoh, Samuel (2010). Traffic-related injury prevention interventions for low income countries. *Injury Control and Safety Promotion*, 10, 37-41.

Garach, Laura, de Oña, Juan, López, Griselda y Baena Leticia (2016). Development of safety performance functions for Spanish two-lane rural highways on flat terrain. *Accident Analysis and Prevention*, 95, 250-265. DOI: 10.1016/j.aap.2016.07.021.

Graham, Daniel y Glaister, Stephen (2003). Spatial variation in road pedestrian casualties: the role of urban scale, density and land-use mix. *Urban Studies*, 40 (8), 1591-1607.

Grimm, M., y Treibich, C. (2010). Socio-economic determinants of road traffic accident fatalities in low and middle income countries. *ISS Working Paper Series/General Series*, 504, 1–44.

Guo, Yanyong, Osama, Ahmed y Sayed, Tarek. A cross-comparison of different techniques for modeling macro-level cyclist crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 113, 38, 46.

Haghighatpour, Pegah Jafari y Moayedfar, Reza (2014). Pedestrian crash prediction models and validation of effective factors on their safety (case study: Tehran signalized intersections). *Open Journal of Civil Engineering*, 4, 240-254.

Harris, Stephen (1990). The real number of road traffic accident casualties in the Netherlands: A year-long survey. *Accident Analysis and Prevention*, 22 (4), 371-378.

Hauer, Ezra (1992). Empirical bayes approach to the estimation of unsafety: the multivariate regression approach. *Accident Analysis and Prevention*, 24, 456-478.

Hijar, Martha, Kraus, Jess, Tovar, Victor y Carrillo, Carlos (2001). Analysis of fatal pedestrian injuries in Mexico City, 1994–1997. *Injury, International Journal of the Care of the Injured*, 32, 279-284.

Hijar, Martha, Vazquez-Vela, Eduardo y Arreola-Risa, Carlos (2003). Pedestrian traffic injuries in Mexico: A country update. *Injury Control and Safety Promotion*, 10, 37-43.

International Transport Forum (2016), Chapter 27: México, Road Safety Annual Report, OECD Publishing, Paris.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018) Estadísticas de Vehículos de Motor Registrados, Página web visitada 29 de mayo de 2018.

https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=

Jacobsen, Peter Lyndon (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 9 (3), 205-209.

Kadali, B. Raghuram y Vedagiri, Perumal (2016), Proactive pedestrian safety evaluation at unprotected mid-block crosswalk locations under mixed traffic conditions. *Safety Science*, 89, 94-105.

Kim, Karl, Brunner, Made y Yamashita, Eric (2006). Influence of land use, population, employment, and economic activity on accidents. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1953, 56-64.

Kröyer, Höskuldur R. G. (2016). Pedestrian and bicyclist flows in accident modelling at intersections. Influence of the length of observational period. *Safety Science*, 82, 315-324.

LaScala, Elizabeth A., Gerber, Daniel y Gruenewald, Paul J. (2000). Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: a spatial analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 32, 651-658.

Lee, Chris y Abdel-Aty, Mohamed (2005). Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 775-786.

Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo Urbano, Ciudad de México, México, 13 de Octubre, 2016.

Lyon, Craig y Persaud, Bhagwant (2002). Pedestrian collision prediction models for urban intersections. *Transportation Research Record*, 1818, 102-107.

McMahon, Patrick J., Duncan, Chandler, Stewart, J. Richard, Zegeer, Charles V. y Khattak, Asad J. (1999). Analysis of factors contributing to “walking along roadway” crashes. *Transportation Research Record*, 1674, 41-48.

Miaou, Shaw-Pin, y Lum, Harry (1993). Modeling vehicle, accidents and highway geometric design relationships. *Accident Analysis and Prevention*, 25 (6), 689-709.

Mohan, Dinesh (2002). Road safety in less-motorized environments: future concerns. *International Journal of Epidemiology*, 31, 527-532.

Nantulya, Vinand M. y Reich, Michael R. (2002). The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ Journals*, 324, 1139-1141.

Obregón-Biosca, Saúl Antonio y Betanzo-Quezada, Eduardo (2015). Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro. *Economía, sociedad y territorio*, 15 (47), 61-98.

Ortúzar, Juan de Dios y Willumsen, Luis G. (2008). *Modelos de Transporte*, Santander, España: Ediciones de la Universidad de Cantabria.

Osama, A. y Sayed, T., (2017). Evaluating the impact of socio-economics, land use, built environment and road facility on cyclist safety. *Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, 2659, 33-42.

Prati, G., Pietrantonio, L., Fraboni, F. (2017). Using data mining techniques to predict the severity of bicycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 101, 44-54.

Pulugurtha, Srinivas y Sambhara, Venkata (2011). Pedestrian crash estimation models for signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 439-446.

Pulugurthaa, S.S. y Sambharab, V.R. (2011). Pedestrian Crash Estimation Models for Signalized Intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 439-446.

Rencher, Alvin C. y Schaalje, G. Bruce (2008), *Linear models in statistics*, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.

Rifaat, Shakil Mohammad, Tay, Richard y de Barros, Alexandre (2011). Effect of street pattern on the severity of crashes involving vulnerable road users. *Accident Analysis and Prevention*, 43 (1), 276-283. DOI: 10.1016/j.aap.2010.08.024.

Roshandeh, Arash M., Agbelie, Bismark R. D. K. Agbelie y Lee, Yongdoo (2016). ScienceDirect Statistical modeling of total crash frequency at highway intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 3 (2), 166-171.

Saha, D., Alluri, P. y Gan, A., (2015). Prioritizing highway safety Manual's crash prediction variables using boosted regression trees. *Accident Analysis and Prevention*, 79, 133-144.

Shankar, Venkataraman, Mannering, Fred, y Barfield, Woodrow (1995). Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural accident frequencies, *Accident Analysis and Prevention*, 27(3), 371-389.

Siddiqui, C., Abdel-Aty, M. y Choi, K. (2012). Macroscopic spatial analysis of pedestrian and bicycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 382-391.

Smeed, R. J. (1958). Some statistical aspects of road safety research. *Journal of the Royal Statistical Society*, 121 (1), 18-59.

Soro, Wonmongo Lacina y Wayoro, Didier (2018). A mixed effects negative binomial analysis of road mortality determinants in Sub-Saharan African countries. *Transportation Research Part F*, 52, 120-126.

STCONAPRA (2016). Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2015. México, Ciudad de México.

Tiwari Geetam (1999), Planning for nonmotorised traffic—a prerequisite for sustainable transport system, *IATSS Research*, 23, 70-77.

Torbic, Darren, Harwood, Douglas, Bokenkroger, Courtney, Srinivasan, Raghavan, Carter, Daniel, Zegger, Charles y Lyon, Craig (2010). Pedestrian

safety prediction methodology for urban signalized intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198, 65-74.

United Nations (1989). Statistics of road traffic accidents 1987, data and annex 1: Definitions and general notes. New York: UN.

Vandenbulcke, G., Thomas, I. y Panis, L. (2014). Predicting cycling accident risk in Brussels: a spatial case-control approach. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 341-357.

Wang, J., Huang, H., Zeng, Q., (2017). The effect of zonal factors in estimating crash risks by transportation modes: motor vehicle, bicycle and pedestrian. *Accident Analysis and Prevention*, 98, 223-231.

Weber, Donald C. (1971). A stochastic approach to automobile compensation. *Casualty Actuarial Society*, 27-63.

World Health Organization (2009). Global status report on road safety: time for action, Geneva.

Zahabi, Sayed Amir, Strauss, Jillian, Manaugh Kevin y Miranda-Moreno, Luis (2011). Estimating potential effect of speed limits, built environment, and other factors on severity of pedestrian and cyclist injuries in crashes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2247, 81-90.

Zhuang, Xiangling y Wu, Changxu (2012). The safety margin and perceived safety of pedestrians at unmarked roadway. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15 (2), 119-131.

7. APÉNDICE

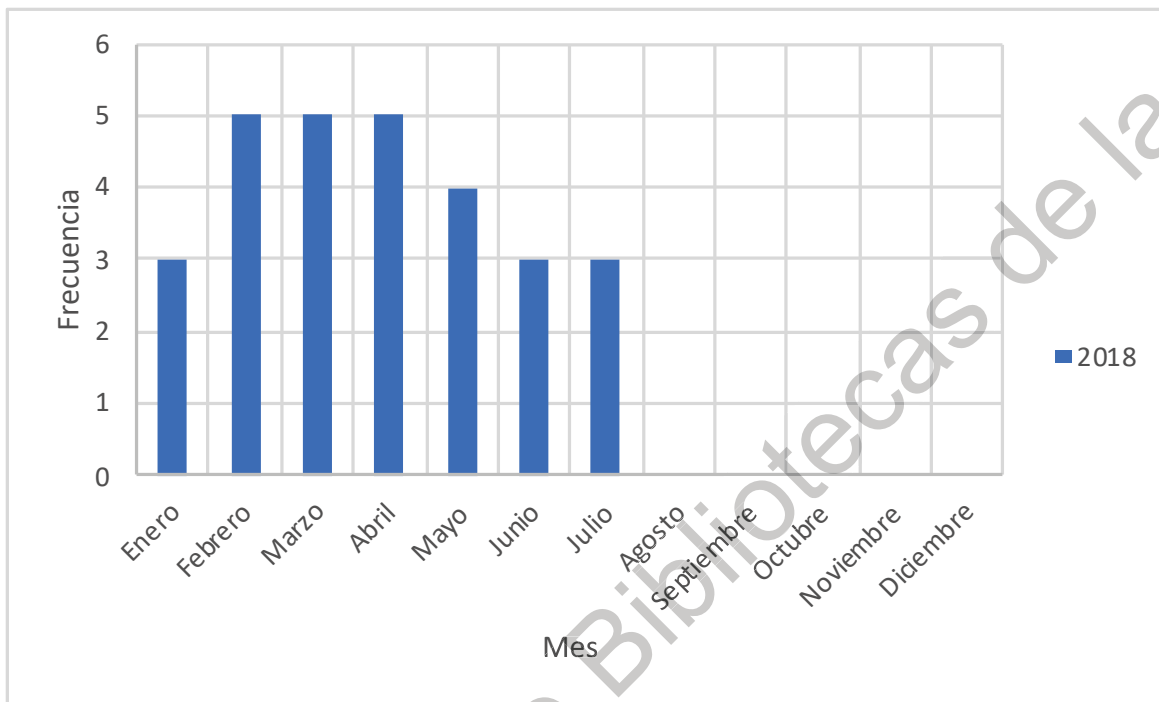


Figura 7.1: Distribución de accidentes mensual en 2018.
Fuente: Elaboración propia.

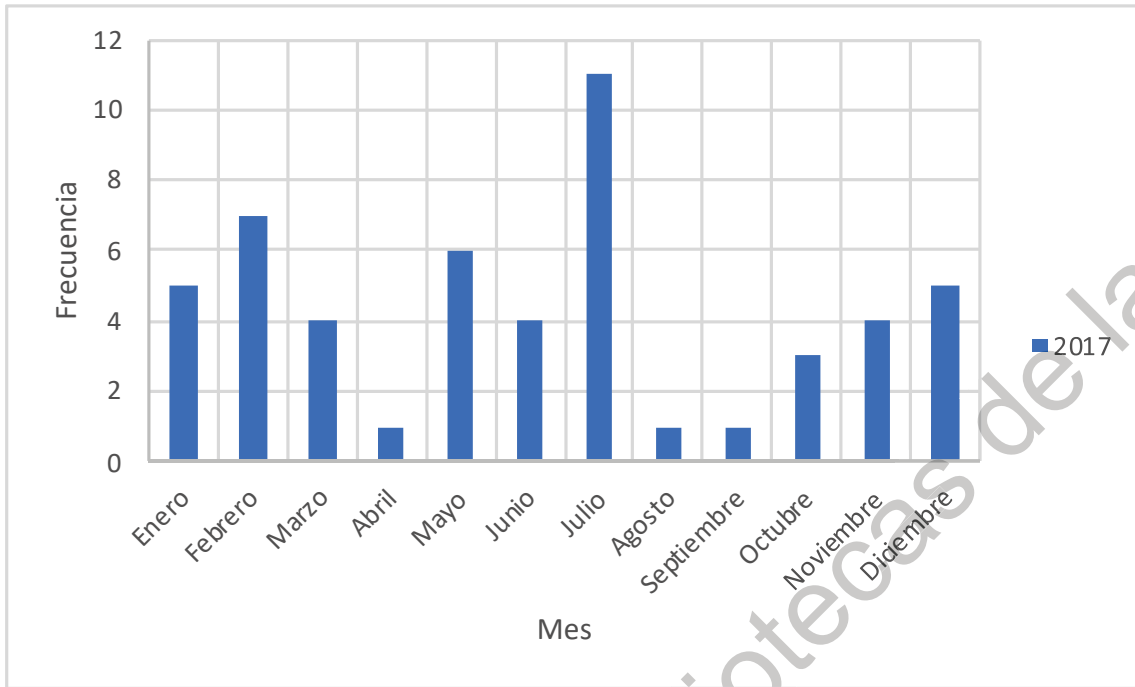


Figura 7.2: Distribución de accidentes mensual en 2017.
Fuente: Elaboración propia.

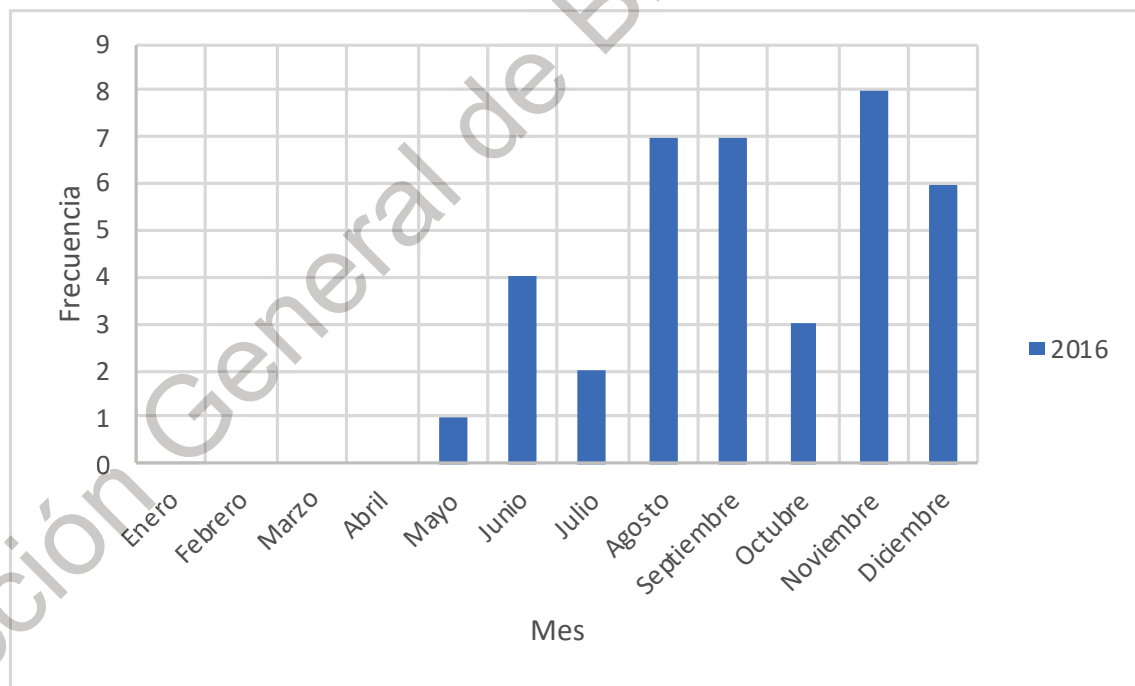


Figura 7.3: Distribución de accidentes mensual en 2016.
Fuente: Elaboración propia.

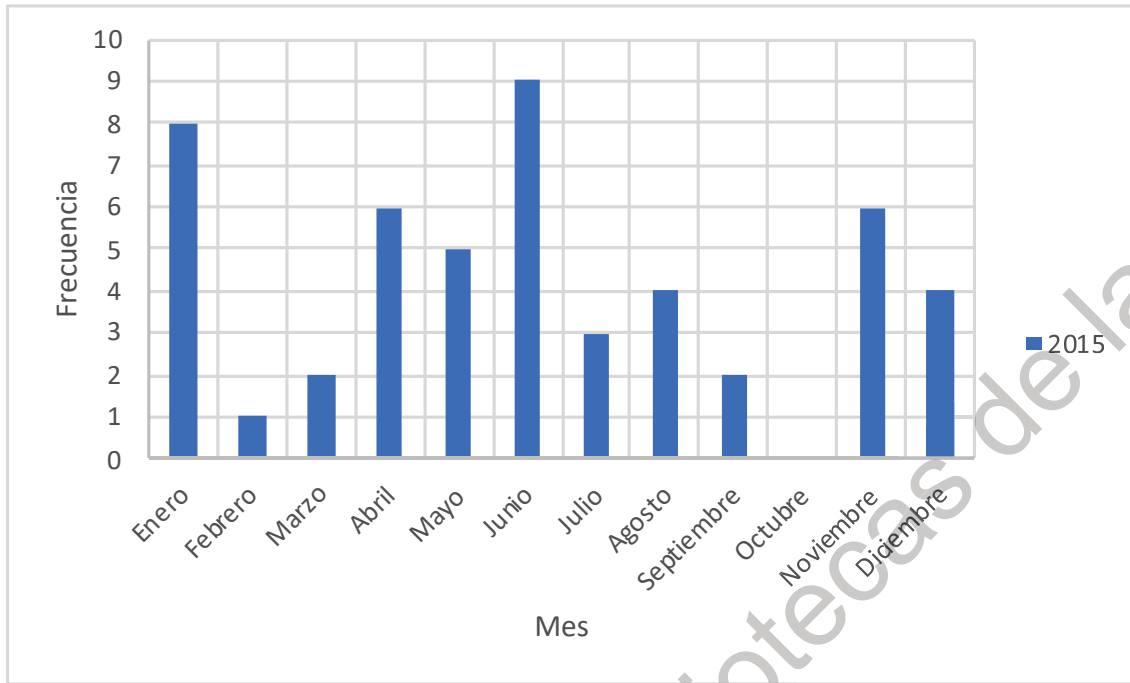


Figura 7.4: Distribución de accidentes mensual en 2015.
Fuente: Elaboración propia.

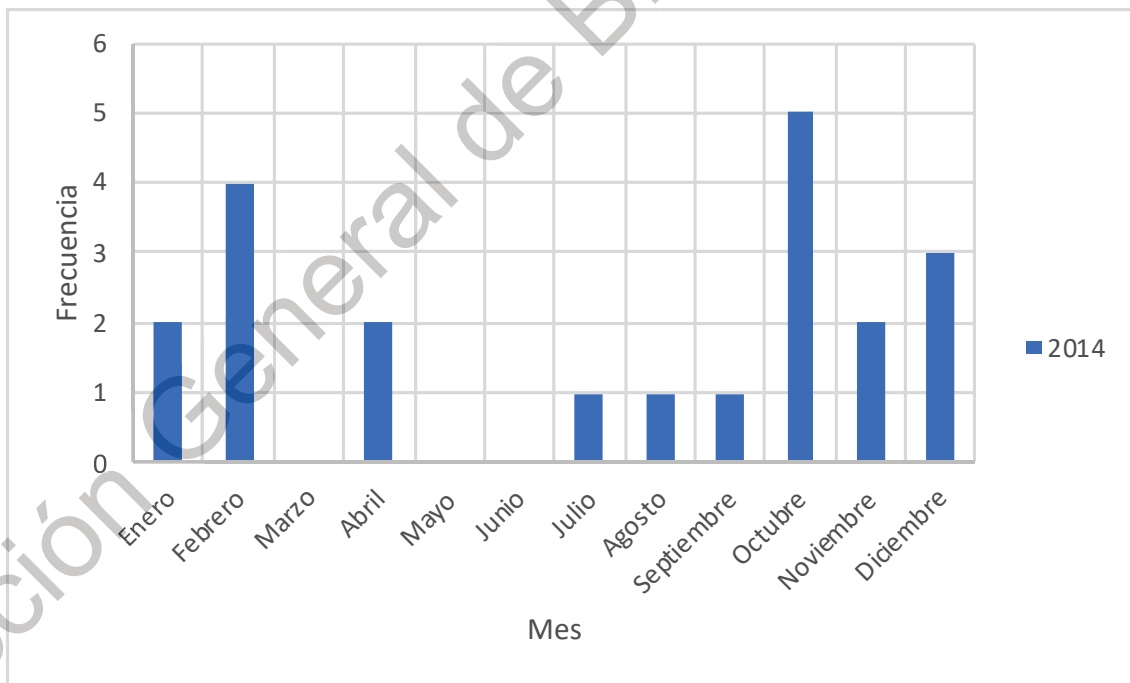


Figura 7.5: Distribución de accidentes mensual en 2014.
Fuente: Elaboración propia.

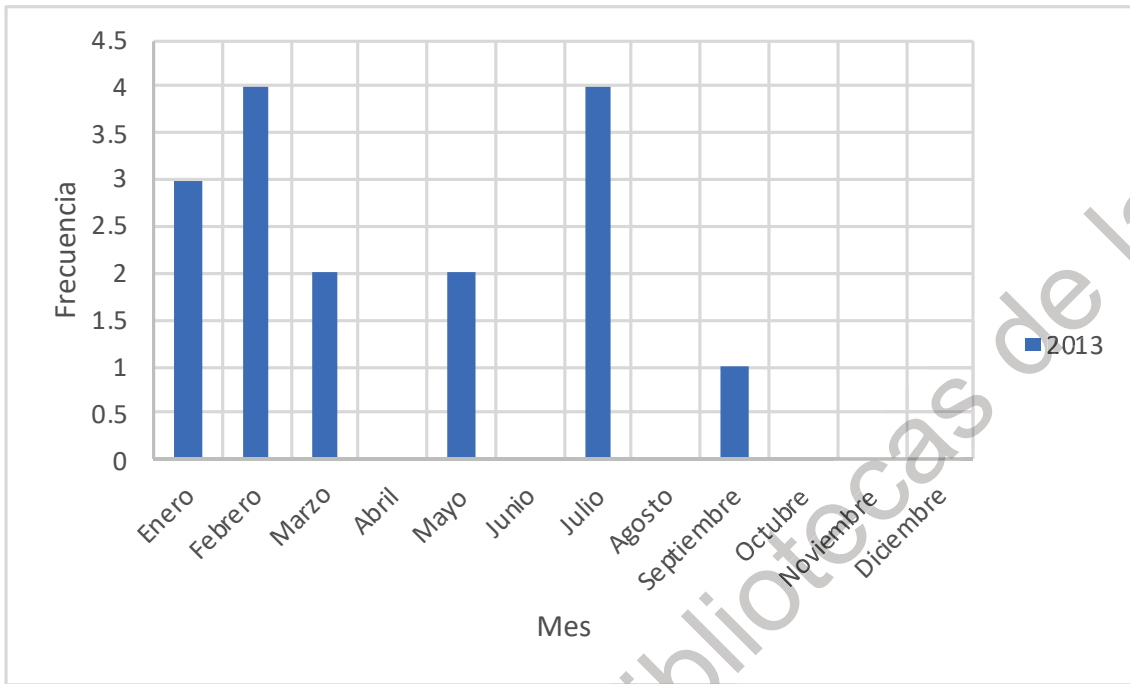


Figura 7.6: Distribución de accidentes mensual en 2013.
Fuente: Elaboración propia.

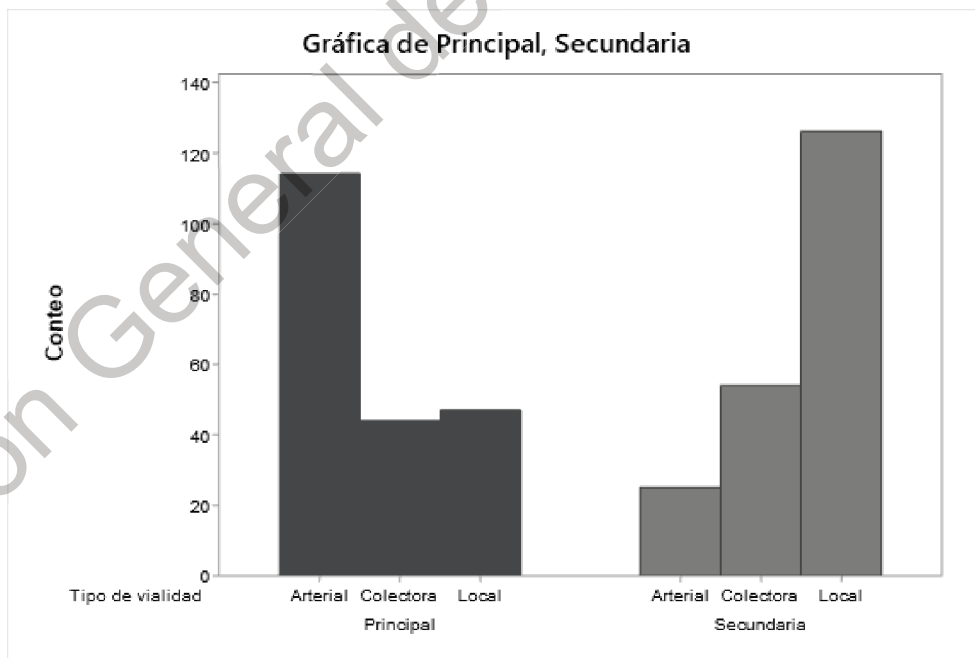


Figura 7.7: Tipo de vialidades
Fuente: Elaboración propia.

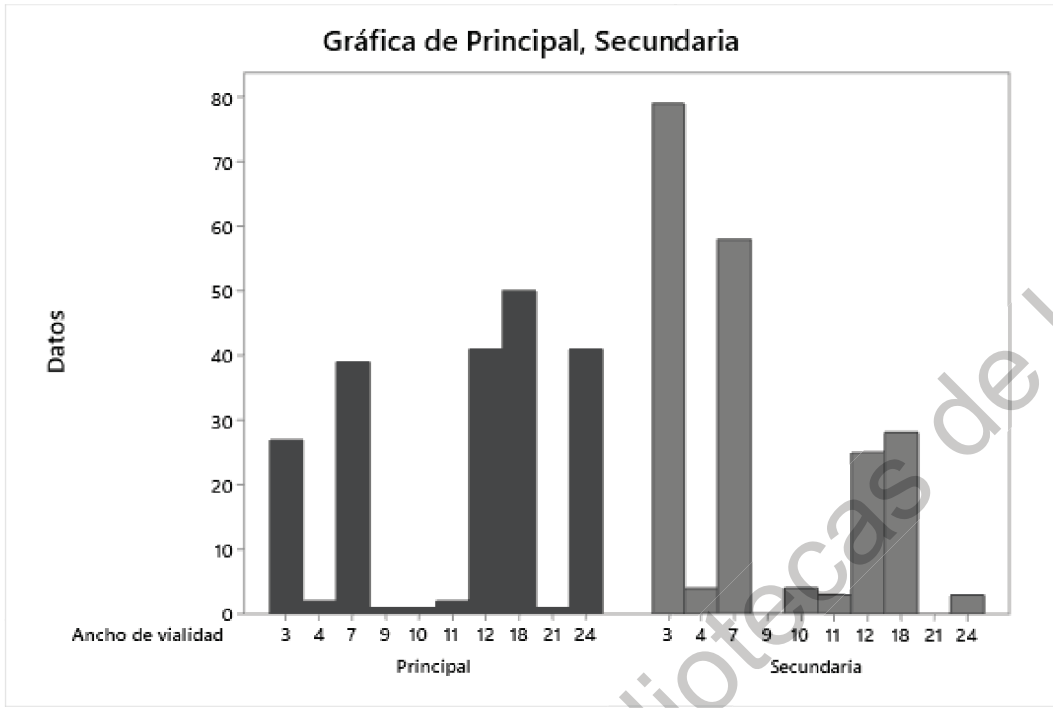


Figura 7.8: Ancho de vialidades
Fuente: Elaboración propia.

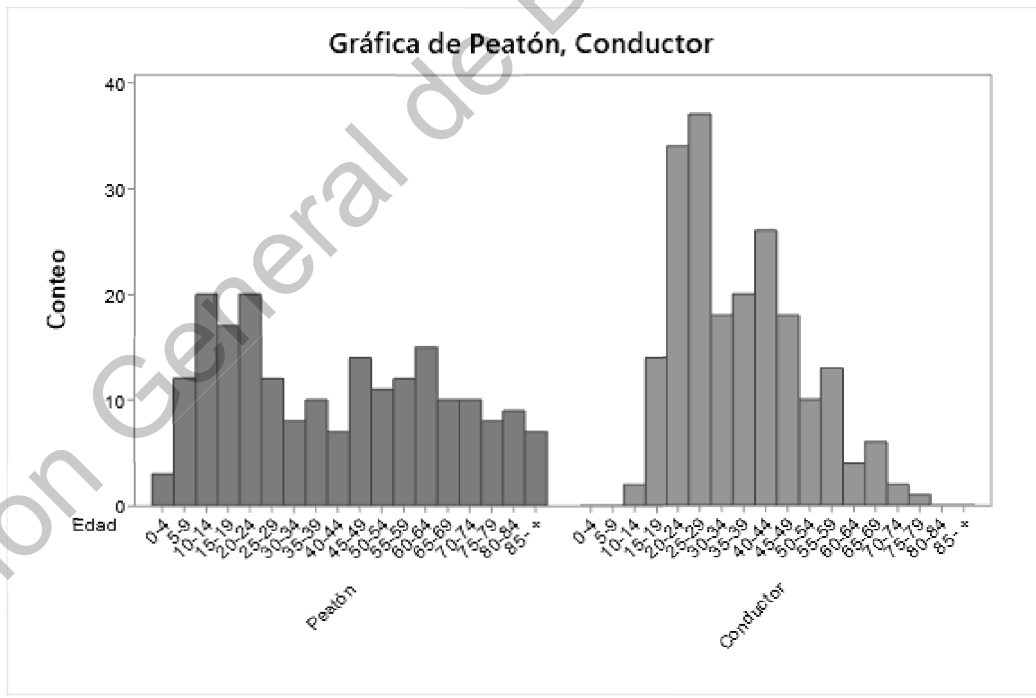


Figura 7.9: Edad peatón y conductor
Fuente: Elaboración propia.