



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS CON MAYOR VULNERABILIDAD A ACCIDENTES  
DEBIDO AL EXCESO DE VELOCIDAD EN LA CIUDAD DE CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Automotriz

AUTOR: WILSON EDUARDO SANDOVAL BARROS

TUTOR: ING. NÉSTOR DIEGO RIVERA CAMPOVERDE, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Wilson Eduardo Sandoval Barros con documento de identificación N° 0106272313, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 5 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Wilson Eduardo Sandoval Barros

0106272313

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Wilson Eduardo Sandoval Barros con documento de identificación N° 0106272313, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Estimación de las zonas con mayor vulnerabilidad a accidentes debido al exceso de velocidad en la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Wilson Eduardo Sandoval Barros

0106272313

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Diego Rivera Campoverde con documento de identificación N° 0103898995, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS CON MAYOR VULNERABILIDAD A ACCIDENTES DEBIDO AL EXCESO DE VELOCIDAD EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Wilson Eduardo Sandoval Barros con documento de identificación N° 0106272313, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde, MSc.

0103898995

## **DEDICATORIA**

*Con profundo sentimiento dedico con pasión este proyecto a mis queridos padres, Wilson Sandoval y Lupe Barros. Mis palabras se quedan pequeñas ante la inmensidad de la deuda que tengo con ustedes; su apoyo incondicional ha sido mi columna vertebral, su confianza mi motor y su sacrificio el cimiento que ha allanado el camino hacia la culminación de mi travesía universitaria.*

*A mis queridas hermanas, les expreso mi más sincero agradecimiento por su constante respaldo, por creer en mí en los momentos de duda y por ser una fuente inagotable de inspiración.*

*Y a mí mismo, rindo homenaje por nunca perder la fe, por el compromiso constante con mi crecimiento personal y la incansable búsqueda de superación. Este proyecto marca el inicio de lo que estoy convencido de que puedo lograr. ¡Gracias a todos por ser la esencia fundamental de mi inolvidable viaje!*

**Wilson Eduardo Sandoval Barros**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco de todo corazón a mis padres por respaldarme incondicionalmente, por ser el faro que ilumina mi camino. Su amor y dedicación son mi mayor tesoro, y estoy eternamente agradecido por su presencia constante.*

*A mis entrañables compañeros y amigos, quienes han compartido esta travesía. Su apoyo ha sido esencial para agilizar el proceso y permitirme disfrutarlo plenamente. Su amistad es un regalo invaluable que atesoro con gratitud. Cada uno ha dejado una huella imborrable en mi corazón, y mi agradecimiento es inmenso.*

*De igual manera, expreso mi sincero y profundo agradecimiento al Inge Néstor Rivera. Gracias por confiar en mí, por compartir amistad, conocimiento y dedicar el tiempo necesario para culminar exitosamente este proyecto. Su guía ha sido un faro en la oscuridad, y su contribución ha marcado indeleblemente mi trayectoria académica. Estoy enormemente agradecido por su generosidad y apoyo constante, fundamentales en este logro.*

**Wilson Eduardo Sandoval Barros**

## RESUMEN

En el capítulo I, titulado "Fundamentos Teóricos", se abordan conceptos esenciales relacionados con la accidentología y los sistemas vehiculares destinados a mitigar lesiones en accidentes, con especial énfasis en la seguridad de los ocupantes. Se lleva a cabo una clasificación detallada de accidentes según su ubicación y tipología, analizando las fases del accidente y las causas generales identificadas por la Agencia Nacional de Tránsito, destacando la importancia de la velocidad en la génesis de los siniestros. Se profundiza en aspectos como la fuerza y distancia de frenado, seguridad pasiva y activa, dirección, suspensión y sistemas de iluminación.

El capítulo II se concentra en la recolección y análisis de datos de conducción en Cuenca, utilizando parámetros PID y herramientas de ingeniería. Se emplea el dispositivo Freematics ONE+ para recopilar información vehicular, trazar rutas y clasificar velocidades. La visualización de datos, la selección aleatoria de vehículos y la evaluación de la distancia de frenado ofrecen una perspectiva integral para abordar áreas críticas de velocidad.

En el capítulo III, se lleva a cabo un mapeo de vulnerabilidad en accidentes de tránsito en Cuenca, evaluando áreas de mayor actividad, analizando velocidades en trayectorias e identificando zonas escolares vulnerables y intersecciones críticas entre 2016 y 2019. La presentación de un mapa de calor de la ciudad destaca las velocidades, proporcionando una comprensión profunda de la dinámica vehicular urbana.

**Palabras Claves:** Accidentología, conducción, velocidad, seguridad vial, recolección de datos.

## ABSTRACT

Chapter I, entitled "Theoretical Fundamentals", deals with essential concepts related to accidentology and vehicle systems designed to mitigate injuries in accidents, with special emphasis on occupant safety. A detailed classification of accidents is carried out according to their location and typology, analyzing the phases of the accident and the general causes identified by the National Traffic Agency, highlighting the importance of speed in the genesis of accidents. Aspects such as braking force and distance, passive and active safety, steering, suspension and lighting systems are discussed in depth.

Chapter II concentrates on the collection and analysis of driving data in Cuenca, using PID parameters and engineering tools. The Freematics ONE+ device is used to collect vehicle information, plot routes and classify speeds. Data visualization, random vehicle selection, and braking distance assessment provide a comprehensive perspective to address critical speed areas.

In Chapter III, a vulnerability mapping of traffic accidents in Cuenca is conducted, assessing areas of increased activity, analyzing speeds on trajectories, and identifying vulnerable school zones and critical intersections between 2016 and 2019. The presentation of a heat map of the city highlights speeds, providing an in-depth understanding of urban vehicular dynamics.

**Key words:** Accidentology, driving, speed, road safety, data collection.

# ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PROBLEMA.....	1
2.1 Antecedentes .....	2
2.2 Importancia y alcances .....	2
2.3 Delimitación .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo General .....	4
3.2 Objetivos Específicos .....	4
CAPÍTULO I .....	5
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5

4.1	Accidente.....	5
4.2	Accidente de tránsito.....	5
4.3	Clases de accidente de tránsito.....	6
4.3.1	Por su situación .....	6
4.3.2	Accidentes simples.....	7
4.3.3	Despiste .....	7
4.3.4	Giro o derrape.....	8
4.3.5	Vuelco .....	8
4.4	Fases de los accidentes de tránsito .....	8
4.4.1	Fase de percepción .....	8
4.4.2	Fase de decisión .....	9
4.4.3	Fase de conflicto.....	9
4.4.4	Área de conflicto .....	9
4.4.5	Punto de conflicto.....	9
4.4.6	Posición final.....	9
4.5	Causas de los accidentes .....	10
4.6	Velocidad del vehículo.....	11
4.7	Velocidad de circulación.....	11
4.8	Incidencia de la velocidad en los siniestros .....	12
4.9	Visión y velocidad en conducción .....	12

4.10	Fuerza de frenado .....	13
4.11	Distancia de frenado .....	14
4.12	Seguridad.....	15
4.13	Seguridad Pasiva.....	16
4.13.1	Cinturón de seguridad .....	16
4.13.2	Bolsas de Aire .....	16
4.13.3	Airbag de cortina.....	17
4.13.4	Carrocería deformable.....	18
4.13.5	Reposacabezas.....	19
4.13.5.1	Pasivos.....	19
4.13.5.2	Activos .....	20
4.14	Clasificaciones de sistemas de frenado según su modo de operación.....	20
4.14.1	Frenos de servicio.....	21
4.14.2	Sistema de freno de estacionamiento .....	21
4.14.3	Sistema de frenado de socorro .....	21
4.15	Seguridad activa .....	22
4.15.1	Frenos ABS .....	22
4.15.2	Sistema de estabilidad electrónica.....	23
4.15.3	Sistema de dirección.....	25
4.15.4	Sistema de suspensión.....	26

4.15.5	Sistemas de alumbrado de vehículos.....	27
CAPITULO II.....		29
5.	Recolección, Análisis y Evaluación de datos de conducción en zonas de Cuenca, utilizando parámetros PID y herramientas de ingeniería.....	29
5.1	Esquema del proceso para la ejecución del proyecto.....	29
5.2	Levantamiento y procesamiento de datos .....	29
5.3	Trazado de las rutas.....	30
5.4	Clasificación de la velocidad de circulación.....	31
5.4.1	Extracción de velocidad .....	31
5.4.2	Visualización de datos.....	33
5.5	Trayectorias recorridas.....	34
5.5.1	Trayectorias con indicadores de velocidad .....	35
5.5.2	Trayectorias en el rango de 20 a 50 km/h .....	36
5.5.3	Trayectorias en el rango de 50 a 90 km/h .....	37
5.5.4	Trayectorias mayores a 90 km/h .....	38
5.6	Vehículos utilizados para la extracción de datos .....	40
5.6.1	Promedio de los valores de todos los vehículos para realizar los cálculos en Matlab®.....	41
5.7	Cálculo para encontrar la distancia de frenado, teniendo en consideración el promedio de las variables influyentes de los vehículos utilizados.....	41

CAPITULO III.....	44
6. Mapeo de Vulnerabilidad en Accidentes de Tránsito .....	44
6.1 Agrupación de todos los ciclos de conducción .....	44
6.2 Mapa referencial con indicadores de velocidad en las trayectorias recorridas .....	45
6.3 Mapa referencial con rangos de velocidad entre los 20 y 50 km/h.....	46
6.4 Zonas escolares vulnerables.....	47
6.4.1 Unidad Educativa Del Milenio Francisco Febres Cordero .....	47
6.4.2 Unidad Educativa Técnico Salesiano.....	49
6.4.3 Unidad Educativa Bilingüe Interamericana .....	51
6.4.4 Unidad Educativa Sagrados Corazones.....	53
6.5 Mapa referencial con rangos de velocidad entre los 50 y 90 km/h.....	56
6.5.1 Zonas universitarias vulnerables .....	57
6.5.1.1 Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca .....	57
6.5.1.2 Universidad Católica de Cuenca.....	58
6.6 Mapa referencial con rangos de velocidad mayores a 90 km/h .....	59
6.7 Intersecciones más vulnerables en los años 2016 a 2019 .....	61
6.8 Mapa referencial comparando las intersecciones analizadas en los años 2016 al 2019 y comparando con la data recolectada .....	63
6.9 Mapa de calor de la ciudad de Cuenca con todos los ciclos de conducción, destacando con diferentes tonalidades las velocidades de circulación .....	67

CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA .....	72

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Asignación de usos específicos (Principales) en los pits urbanos y rurales de expansión urbana</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Factores que intervienen en los accidentes vehiculares</i> .....	6
<b>Figura 3</b> <i>Campo de visión según el nivel de velocidad del vehículo</i> .....	13
<b>Figura 4</b> <i>Airbag</i> .....	17
<b>Figura 5</b> <i>Airbag de cortina</i> .....	18
<b>Figura 6</b> <i>Zonas de deformación programada</i> .....	19
<b>Figura 7</b> <i>Reposacabezas activo</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Sistema ABS</i> .....	23
<b>Figura 9</b> <i>Sistema ESP</i> .....	25
<b>Figura 10</b> <i>Sistema de dirección hidráulica</i> .....	26
<b>Figura 11</b> <i>Sistema de suspensión</i> .....	27
<b>Figura 12</b> <i>El sistema de alumbrado del vehículo</i> .....	28
<b>Figura 13</b> <i>Secuencia visual que detalla los pasos esenciales en la realización del proyecto</i> .....	29
<b>Figura 14</b> <i>Dispositivo Freematics</i> .....	30
<b>Figura 15</b> <i>Histograma de velocidad</i> .....	33
<b>Figura 16</b> <i>Trazado de la ruta</i> .....	35
<b>Figura 17</b> <i>Trazado de la ruta con indicadores de velocidad</i> .....	36
<b>Figura 18</b> <i>Trazado de las trayectorias que están entre el rango de 20 a 50 km/h</i> .....	37
<b>Figura 19</b> <i>Trazado de las trayectorias que están entre el rango de 50 a 90 km/h</i> .....	38
<b>Figura 20</b> <i>Trazado de las trayectorias que sobrepasan los 90 km/h</i> .....	39
<b>Figura 21</b> <i>Todos los ciclos de conducción</i> .....	44

<b>Figura 22</b> Trayectorias con indicadores de velocidad.....	45
<b>Figura 23</b> Trayectorias con indicadores cuando la velocidad está entre 20 y 50 km/h .....	46
<b>Figura 24</b> Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero.....	47
<b>Figura 25</b> Paso peatonal de la Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero.....	48
<b>Figura 26</b> Señal de máxima velocidad .....	49
<b>Figura 27</b> Unidad Educativa Técnico Salesiano.....	50
<b>Figura 28</b> Paso peatonal de la Unidad Educativa Técnico Salesiano.....	51
<b>Figura 29</b> Unidad Educativa Bilingüe Interamericana .....	52
<b>Figura 30</b> Paso peatonal de la Unidad Educativa Bilingüe Interamericana .....	53
<b>Figura 31</b> Unidad Educativa Sagrados Corazones.....	54
<b>Figura 32</b> Paso peatonal de la Unidad Educativa Sagrados Corazones.....	55
<b>Figura 33</b> Trayectorias con indicadores cuando la velocidad está entre 50 y 90 km/h .....	56
<b>Figura 34</b> Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.....	57
<b>Figura 35</b> Universidad Católica de Cuenca .....	58
<b>Figura 36</b> Trayectorias con indicadores cuando la velocidad es mayor a 90 km/h .....	60
<b>Figura 37</b> Intersecciones con un índice alto de accidentes de tránsito desde el año 2016 hasta el 2021.....	61
<b>Figura 38</b> Intersecciones comparadas con los datos recopilados .....	64
<b>Figura 39</b> Intersecciones vs los datos recopilados .....	65
<b>Figura 40</b> Intersecciones conflictivas vs los datos recopilados.....	66
<b>Figura 41</b> Mapa de calor de la ciudad de Cuenca.....	67

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Límites de velocidad para vehículos motorizados con capacidad no mayor a ocho plazas, sin contar el espacio del conductor .....</i>	11
<b>Tabla 2</b> <i>Datos relevantes acerca de los vehículos utilizados.....</i>	40
<b>Tabla 3</b> <i>Promedios de las variables a considerar.....</i>	41

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el territorio ecuatoriano, a pesar de la tendencia decreciente anual observada en la incidencia de incidentes de tránsito, estos eventos persisten y perduran como una de las causas de mayor relevancia en términos de mortalidad. Dentro del ámbito específico de la seguridad vial, emerge con marcado énfasis la necesidad de anticipar y evitar los siniestros automovilísticos dentro del entramado de la infraestructura viaria. La identificación precisa y meticulosa de las vías, intersecciones y segmentos con una mayor predisposición hacia la ocurrencia de accidentes se erige como un aspecto crucial y de suma importancia, dado que el acopio detallado de esta información no solo facilita, sino que además potencia la ejecución de medidas preventivas dirigidas a reducir la frecuencia de siniestros, disminuyendo así los índices tanto de mortalidad como de morbilidad asociados a estos lamentables eventos viales.

## **2. PROBLEMA**

El preocupante aumento de los accidentes de tránsito en la ciudad de Cuenca, que está vinculado con la conducta de exceder los límites de velocidad establecidos, plantea un desafío significativo y urgente en el ámbito de la seguridad vial. Establecer una relación entre el mencionado exceso de velocidad y la ocurrencia de accidentes de tránsito se convierte en una tarea de importancia para poder implementar de manera efectiva y eficiente las medidas preventivas y correctivas pertinentes. Según las estadísticas obtenidas sobre los accidentes de tránsito suscitados en el país por, (Agencia Nacional de Tránsito, 2023) de enero a diciembre del año 2022 están registrados 21.739 accidentes, de estos incidentes el 16.3% corresponde al exceso de velocidad como causa probable. Debido a la circulación de los vehículos superando el límite de velocidad máximo en este periodo de tiempo, 2.725 personas resultaron heridas y 873 perdieron la vida.

Para tratar de reducir este número de incidentes a nivel de la ciudad de Cuenca, se han realizado estudios para determinar las intersecciones que son susceptibles a accidentes de tránsito, en el año 2014, (Pulgarín, 2014) menciona que existen 30 intersecciones críticas en la ciudad, demostrando así la existencia específica de intersecciones vulnerables en la ciudad. Además (Gavilanes, 2022) señala que existen 30 intersecciones con más puntos conflictivos acerca de la siniestralidad en la ciudad de Cuenca, lo destacable de este estudio es que, de las intersecciones mencionadas, la Av. de las Américas tiene 8 intersecciones conflictivas.

## **2.1 Antecedentes**

Los estudios previos han focalizado su atención en identificar las intersecciones con mayor incidencia de accidentes de tránsito, utilizando registros policiales y la base de datos de la Agencia Nacional de Tránsito. Sin embargo, la verdadera relevancia de estimar las zonas vulnerables reside en la innovadora metodología empleada: la creación de una base de datos a partir de conductores seleccionados al azar. Este enfoque representa un avance trascendental para comprender con mayor profundidad los patrones de velocidad en la ciudad de Cuenca. La recolección directa de datos por parte de los conductores brinda una perspectiva detallada y específica sobre los hábitos de velocidad en distintas áreas urbanas. Este método permite no solo identificar los lugares de potencial riesgo, sino entender las dinámicas reales de velocidad en toda la ciudad, abriendo la posibilidad de implementar medidas más precisas y efectivas para mejorar la seguridad vial en la región.

## **2.2 Importancia y alcances**

El aporte del presente proyecto es identificar las zonas vulnerables, ya que proporciona información clave para enfocar estrategias de prevención y reducción de accidentes. Al analizar las maniobras de conducción, se obtiene una comprensión detallada de los comportamientos

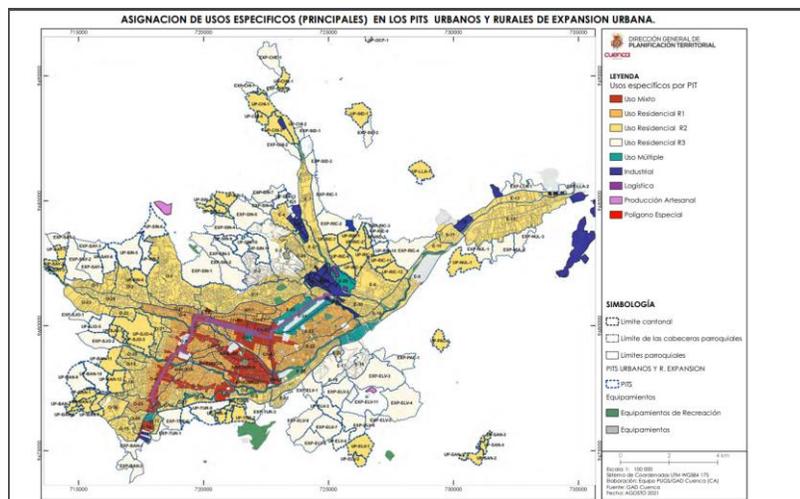
riesgos asociados con el exceso de velocidad en áreas específicas. Esto permite diseñar intervenciones específicas y personalizadas que aborden directamente las prácticas de conducción peligrosas en cada ubicación identificada, lo que potencialmente reduce la probabilidad de accidentes. Además, este enfoque no solo se limita a la identificación de puntos críticos, sino que también facilita la promoción de una conducción más segura. Al comprender los patrones de comportamiento de los conductores en relación con la velocidad, se pueden desarrollar programas de educación vial y campañas de concientización más efectivas y enfocadas.

### 2.3 Delimitación

La investigación se concentrará en la ciudad cuenca, debido a que los ciclos de conducción no cumplen con rutas específicas, sino aleatorias, se buscara analizar la mayor superficie territorial de la ciudad, la cual se encuentra ubicada entre las coordenadas decimales de latitud: -2.9005500 y longitud: -79.0045300, a una altura de 2560 metros sobre el nivel del mar.

**Figura 1**

*Asignación de usos específicos (Principales) en los pits urbanos y rurales de expansión urbana.*



*Nota.* La imagen representa la delimitación urbana y rural de la ciudad de Cuenca. Tomado de Equipo PUGS/GAD Cuenca (CA), 2021

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Estimar las zonas con mayor vulnerabilidad a accidentes debido al exceso de velocidad mediante el análisis de las maniobras de conducción para fomentar una conducción más segura en la ciudad de Cuenca.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Revisar el estado arte en diversas fuentes bibliográficas respecto al campo de la accidentología, para llegar a adquirir un entendimiento acerca de las causas de los accidentes y las repercusiones que estas tienen.
- Realizar la recolección de datos que incluye variables, parámetros y señales PID's, mediante el uso de equipos portátiles, para posteriormente realizar un análisis de las maniobras de conducción en las zonas de Cuenca mediante un software de ingeniería.
- Generar un mapa referencial el cual indique las zonas que son más vulnerables a suscitarse accidentes de tránsito, para que los entes relacionados a la seguridad vial implementen las medidas preventivas respectivas.

## **CAPÍTULO I**

### **4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

En el presente capítulo, se abordarán los conceptos relevantes vinculados al ámbito de la accidentología y sobre los sistemas instalados en el vehículo para disminuir la gravedad de las lesiones al ocurrir un accidente, considerando la seguridad de los ocupantes un eje primordial para la movilidad. Además de recopilar información sobre los accidentes ocurridos en el cantón Cuenca, se procederá a describir los factores asociados a las causas de dichos incidentes, así como a clasificar los diferentes tipos que se presentan.

#### **4.1 Accidente**

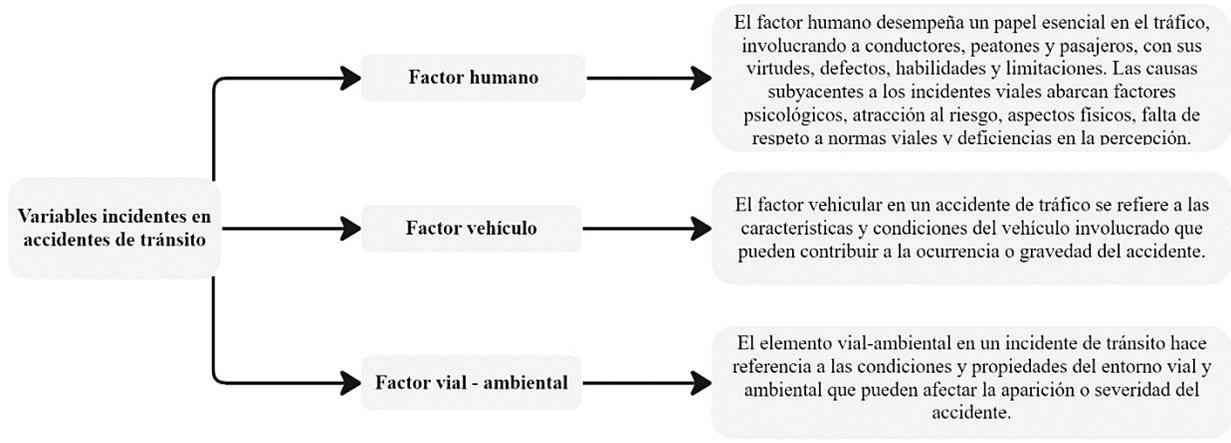
Un incidente de tráfico (IT) se describe como un choque en el que está involucrado al menos un vehículo en movimiento en una vía pública o privada, resultando en al menos una persona herida o fallecida. Estos sucesos son reconocidos como un desafío creciente para la salud pública y generadores de impactos económicos a pequeña escala que inciden directamente en el presupuesto familiar, modificando la situación de pobreza de la familia afectada (Víctor Choquehuanca Vilca et al., 2010).

#### **4.2 Accidente de tránsito**

De acuerdo con la normativa establecida en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, se define un incidente de tráfico como cualquier evento eventual o acción no intencionada que, como resultado de una o más causas, independientemente de su magnitud, sucede en vías o lugares designados para el uso público o privado. Estos eventos resultan en la pérdida de vidas, lesiones de diversa gravedad o naturaleza en individuos, y daños materiales en vehículos, vías o infraestructuras, con la participación de los usuarios de la vía, vehículos, vías y/o su entorno (Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, 2012).

## Figura 2

### *Factores que intervienen en los accidentes vehiculares*



*Nota.* La imagen representa los factores que inciden en los accidentes de tránsito.

### **4.3 Clases de accidente de tránsito**

#### **4.3.1 Por su situación**

##### **Accidentes Urbanos**

Estos sucesos tienen lugar en calles o vías ubicadas dentro de entornos urbanos, los cuales se caracterizan por la presencia de edificaciones, intersecciones frecuentes y una mayor densidad de tráfico peatonal y vehicular.

La complejidad del entorno urbano puede ser un factor contribuyente en la ocurrencia de accidentes, involucrando elementos como semáforos, señalizaciones viales, interacciones con peatones y ciclistas, así como la presencia de mobiliario urbano.

## **Accidentes Interurbanos o Rurales**

Estos incidentes tienen su origen en vías interurbanas o rurales, las cuales se encuentran fuera de áreas urbanas y suelen caracterizarse por entornos más abiertos y menos densamente poblados.

Los accidentes en estas áreas pueden ser influenciados por condiciones de la carretera, como curvas pronunciadas, cambios de elevación, menor visibilidad y la posible presencia de animales salvajes. Además, la velocidad y distancia entre vehículos tienden a ser mayores en comparación con las áreas urbanas.

### **4.3.2 Accidentes simples**

Los accidentes simples se refieren a colisiones o eventos de tráfico que involucran exclusivamente dos vehículos o elementos, sin la participación de más vehículos o factores significativos. Estos incidentes se destacan por su simplicidad en términos de la cantidad de partes involucradas y la complejidad del evento. Pueden comprender choques frontales, posteriores, laterales u otras formas de colisión entre dos vehículos. A diferencia de situaciones más complejas que incorporan múltiples vehículos o elementos ambientales, los accidentes simples se limitan a una interacción directa entre dos elementos en la vía. La comprensión detallada de estos eventos contribuye a la implementación efectiva de medidas específicas de seguridad y prevención con el fin de reducir su incidencia.

### **4.3.3 Despiste**

El concepto de despiste en incidentes de tráfico se refiere a la pérdida momentánea de control del vehículo, llevando a una salida no planificada de la carretera. Esta circunstancia, originada por distintos elementos como distracciones, fatiga o condiciones climáticas desfavorables, conlleva a que el conductor temporalmente no logre mantener el vehículo en la vía.

#### **4.3.4 Giro o derrape**

La acción de giro o derrape en sucesos de tráfico se refiere a la pérdida de agarre de un vehículo en la carretera, generando un deslizamiento lateral, ya sea intencional o inesperado. Este suceso puede ser desencadenado por factores como condiciones climáticas adversas, velocidad inadecuada o maniobras bruscas. Puede ser una elección consciente del conductor, como al tomar una curva, o involuntaria, llevando a accidentes si no se recupera el control a tiempo. La prevención involucra la práctica de una conducción segura, el mantenimiento adecuado del vehículo y la adaptación a las condiciones de la carretera, con la educación vial y la conciencia del conductor como elementos cruciales.

#### **4.3.5 Vuelco**

El término vuelco en los incidentes de tráfico describe la inclinación lateral de un vehículo, pudiendo llegar a reposar sobre su costado o incluso dar una vuelta completa y quedar invertido. Este tipo de accidente, de gravedad significativa, se asocia con factores como exceso de velocidad, maniobras bruscas, cargas inestables, condiciones desfavorables en la carretera y elementos climáticos. La prevención de este suceso implica adoptar prácticas de conducción segura, mantener velocidades apropiadas, asegurar de manera adecuada las cargas y tener precaución en condiciones adversas.

### **4.4 Fases de los accidentes de tránsito**

#### **4.4.1 Fase de percepción**

El punto de percepción potencial es aquel en el que el conductor debe darse cuenta de la existencia de una situación inusual que podría resultar en un accidente. Este punto está posicionado de manera que un conductor que se desplace a la velocidad prevista pueda identificar la situación que está ocurriendo (Matamoros Hidalgo, 2008).

#### **4.4.2 Fase de decisión**

Es el momento en el que el conductor determina las acciones que llevará a cabo para evitar un accidente. Este momento ocurre inmediatamente después de la percepción real y tiene una duración de un segundo, bajo condiciones normales del conductor, sin restricciones físicas, psicológicas ni efectos del alcohol o drogas (Ruiz Ramos, 2014).

#### **4.4.3 Fase de conflicto**

La etapa de confrontación constituye el área donde se presenta el incidente en relación con su evolución y desenlace. En este periodo, se pueden identificar tres puntos específicos.

#### **4.4.4 Área de conflicto**

Es el entorno donde se produce el incidente. Esta ubicación es variable y está determinada por la ruta de los vehículos involucrados, además de los elementos y circunstancias presentes durante el accidente, junto con las acciones llevadas a cabo por los conductores de los vehículos (Sola, 2022).

#### **4.4.5 Punto de conflicto**

Es el lugar donde tiene lugar el incidente durante su colisión principal. Esta ubicación también abarca la ruta seguida por los vehículos o peatones hasta alcanzar su posición final después de la colisión o atropello (Sola, 2022).

#### **4.4.6 Posición final**

Es el punto específico en el cual los vehículos o peatones adoptan una posición estacionaria luego de seguir la trayectoria post-colisión. En este lugar, permanecen sin movimiento alguno (Sola, 2022).

#### **4.5 Causas de los accidentes**

Las razones generales detrás de los accidentes viales, según la Agencia Nacional de Tránsito, incluyen situaciones como adelantar en lugares peligrosos, bajar o subir de vehículos en movimiento sin precaución, eventos fortuitos como explosiones o desastres naturales, condiciones climáticas adversas, conducir bajo la influencia de sustancias, distracciones al volante como el uso de dispositivos electrónicos o alimentarse, manejar con sueño o fatiga, transitar en direcciones incorrectas o exceder límites de velocidad, problemas mecánicos anticipados, dejar o recoger pasajeros en áreas no autorizadas, fallos en el vehículo, estacionar en lugares peligrosos, vías en mal estado o mal diseñadas, no ceder el paso a otros vehículos o peatones, falta de distancia de seguridad entre vehículos, ignorar señales de tránsito o señales manuales de agentes, circular en áreas no designadas para peatones, peatones que no respetan señales como semáforos, influencia de sustancias al caminar, incumplimiento de normas de carga segura, presencia de elementos extraños en la vía, y cambios bruscos o indebidos de carril.

Después de examinar una muestra representativa de 80,655 registros y llevar a cabo análisis estadísticos, incluyendo pruebas como Kolmogorov-Smirnov, Prueba de Kruskal-Wallis y Post-prueba de Wilcoxon, se llegaron a las siguientes conclusiones: A nivel nacional, la principal razón de fallecimiento en accidentes viales fue la conducción distraída, que involucra condiciones como el uso de teléfonos celulares, pantallas de video, ingesta de alimentos o aplicación de maquillaje, representando un 33.3%. Las siguientes causas más frecuentes a nivel nacional fueron la conducción a velocidades superiores al límite permitido (14.2%) y la falta de utilización de aceras o áreas destinadas para la seguridad (6.3%). Las causas de los accidentes varían según la posición geográfica, por lo que se sugiere realizar investigaciones a nivel provincial para contextualizar las

estrategias y aumentar su efectividad, fomentando así investigaciones locales adicionales (Barrera Sánchez & Pazmiño Mahi, 2020).

#### 4.6 Velocidad del vehículo

El sensor de velocidad VSS, un receptor magnético, detecta la velocidad del vehículo para informar al módulo de control electrónico del motor (ECM). Esta información permite controlar el odómetro o el velocímetro. Está constituido por un imán en rotación que produce una señal de corriente alterna senoidal, en proporción directa a la velocidad del vehículo. Aunque los vehículos pueden alcanzar velocidades de 0 a 240 km/h, para la representación de datos se limita usualmente el rango de visualización a 0-120 km/h en el mercado nacional.

#### 4.7 Velocidad de circulación

Los límites de velocidad para todo vehículo que circule por las vías del Ecuador están establecidos en el Reglamento General para la aplicación de La Ley Orgánica De Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (RLTTTSV), estos límites son diferentes dependiendo del tipo de vehículo y el tipo de vía, para los vehículos categoría M1 los límites de velocidad máxima permitidos se muestran a continuación.

**Tabla 1**

*Límites de velocidad para vehículos motorizados con capacidad no mayor a ocho plazas, sin contar el espacio del conductor*

<b>Tipo de vía</b>	<b>Límite máximo</b>	<b>Rango moderado (Art.142.g de la Ley)</b>	<b>Fuera del rango moderado (Art.145.e de la Ley)</b>
Urbana	50 km/h	>50 km/h - <60 km/h	>60 km/h

Perimetral	90 km/h	>90 km/h - <120 km/h	>120 km/h
Recta en carreteras	100 km/h	>100 km/h - <135 km/h	>135 km/h
Curvas en carreteras	60 km/h	>60 km/h - <75 km/h	>75 km/h

---

*Nota.* Esta tabla muestra los límites de velocidad designada para los vehículos tipo M1. Tomado de (Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, 2012)

#### **4.8 Incidencia de la velocidad en los siniestros**

En la relación entre la velocidad y los accidentes de tráfico, es esencial tener en cuenta diversos elementos. Uno de los aspectos más cruciales radica en que el incremento de la velocidad conlleva un aumento en la distancia que un vehículo recorre mientras su conductor reacciona ante la percepción de un obstáculo y decide esquivarlo o frenar. En este contexto, también se reducen las posibilidades de recuperar el control del vehículo en caso de pérdida, dado que hay menos margen de maniobra. Además, a velocidades más altas, se intensifica la inseguridad y el riesgo al abordar una curva, mientras que en una intersección se disminuye la capacidad para realizar maniobras evasivas urgentes si otro vehículo se interpone. Sumado a todo esto, la gravedad de un accidente y sus repercusiones se magnifican con la velocidad, ya que las colisiones ocurren a energías más elevadas (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

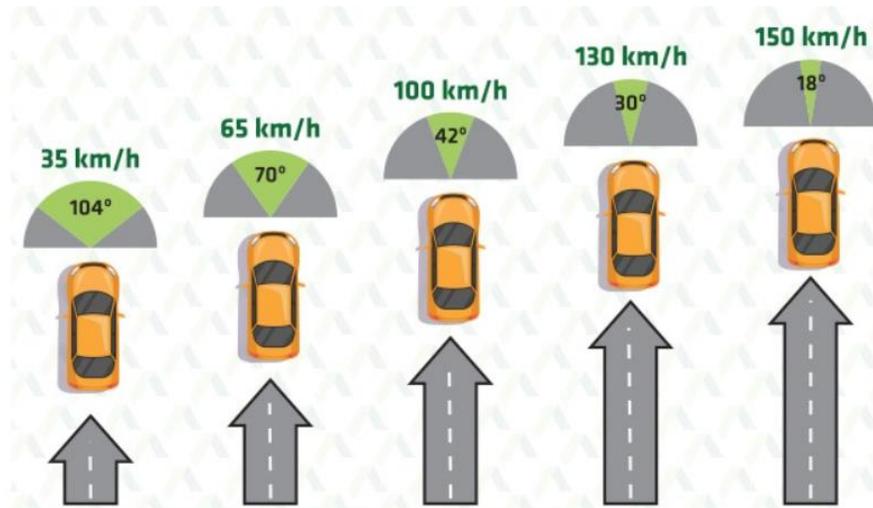
#### **4.9 Visión y velocidad en conducción**

Uno de los factores reconocidos que influye en la habilidad para percibir estímulos en la visión periférica es la velocidad de movimiento del fondo sobre el cual se proyectan estos estímulos, manifestándose en la velocidad de desplazamiento del conductor mientras conduce.

Con el incremento de la velocidad de desplazamiento del conductor, se observa una disminución en el campo visual (Muñoz Rodríguez, 2013).

### Figura 3

*Campo de visión según el nivel de velocidad del vehículo*



*Nota.* La ilustración muestra la amplitud visual del conductor en relación con la velocidad a la que se desplaza el vehículo. Tomado de (Berrio, 2018).

#### 4.10 Fuerza de frenado

Las fuerzas principales son aquellas generadas por el sistema de frenado, siendo la fuerza resultante entre el neumático y la superficie de la carretera debido al par de giro de las ruedas. Estas fuerzas están condicionadas por el tipo de sistema de frenado, la fuerza ejercida sobre el control hidráulico y el mecanismo de amplificación de dicha fuerza. Es esencial que haya una adherencia óptima entre el neumático y la superficie de la carretera para que este proceso sea efectivo (Coello, 2018).

En el sistema de frenos de disco, se utiliza una técnica que implica el contacto entre almohadillas y el disco para generar fricción y, consecuentemente, originar el par de frenado. Para

calcular la fuerza de frenado implicada, se considera que la presión es constante, de manera que la fuerza de frenado se equipara a la componente tangencial de la fricción generada:

$$F_f = F_a * \mu \quad (1)$$

Donde:

- $F_a$ : Fuerza de accionamiento proporcionada por el pistón
- $\mu$ : Coeficiente de rozamiento disco-pastilla

Una vez que se ha calculado la fuerza de frenado, es posible determinar el par de frenado resultante:

$$T_D = F_f * r_d \quad (2)$$

Donde:

- $F_f$ : Fuerza de fricción
- $r_d$ : Radio medio del disco donde se aplica la fuerza de fricción

#### **4.11 Distancia de frenado**

Es la distancia que recorre el vehículo desde que se aplican los frenos hasta detenerse por completo. Esta extensión está influenciada por la fuerza de frenado, la adherencia al suelo en ese momento, la velocidad del vehículo, la fuerza y dirección del viento, entre otros factores. Todos estos elementos son variables y difíciles de precisar, lo que impide calcular con absoluta exactitud el valor de la distancia de detención (Venegas Toro, 2012).

Ya que el frenado implica transformar la energía en movimiento del vehículo en calor que los frenos absorben, la distancia que se requiere para detenerse depende del esfuerzo necesario para disipar esa energía en movimiento del vehículo.

La cantidad de energía de movimiento del vehículo durante el frenado y la tarea requerida para disipar esa energía son:

$$E_c = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad (3)$$

$$T = F_f * s \quad (4)$$

Al unir estas dos expresiones y hallar el valor de la distancia recorrida (s), se consigue:

$$\frac{1}{2} * m * v^2 = F_f * s$$
$$s = \frac{m * v^2}{2 * F_f} \quad (5)$$

Donde:

- m: Masa del vehículo = P/g
- v: Velocidad del vehículo
- Ff: Fuerza de frenado =  $\mu * P$
- $\mu$ : coeficiente de rozamiento entre neumático y calzada
- s: Distancia de frenado

#### **4.12 Seguridad**

La seguridad en el automóvil se basa en dos pilares fundamentales: prevenir, en la medida de lo posible, los accidentes, y minimizar los daños físicos en caso de que ocurran. Cuando no es factible evitar el accidente, entran en juego otros aspectos destinados a resguardar a los ocupantes y disminuir las posibles lesiones (Astudillo, Tecnología del automóvil, 2010).

## **4.13 Seguridad Pasiva**

La seguridad pasiva actúa al ocurrir un accidente, con el propósito de reducir al máximo las lesiones físicas. Su enfoque principal es la implementación de medidas y dispositivos para proteger a los ocupantes del vehículo, minimizando el impacto de las fuerzas generadas durante el accidente y preservando la integridad física de las personas involucradas.

### **4.13.1 Cinturón de seguridad**

El cinturón de seguridad es un arnés que mantiene al ocupante en su sitio en caso de deceleración brusca provocada por una colisión frontal. Las estadísticas demuestran que éste es el sistema de seguridad pasiva más efectivo. El cinturón de seguridad evita el llamado segundo impacto, que es el que sucede cuando el ocupante colisiona con partes duras del automóvil (Martín, 2010).

### **4.13.2 Bolsas de Aire**

Las bolsas de aire son dispositivos que se expanden rápidamente en caso de colisión (y luego se contraen) con el propósito de resguardar a los ocupantes. Estos cojines generan un contacto suave entre el ocupante y el interior del vehículo durante un impacto, con la intención de disminuir o incluso evitar posibles lesiones (Achachi et al., 2022).

## **Figura 4**

### *Airbag*



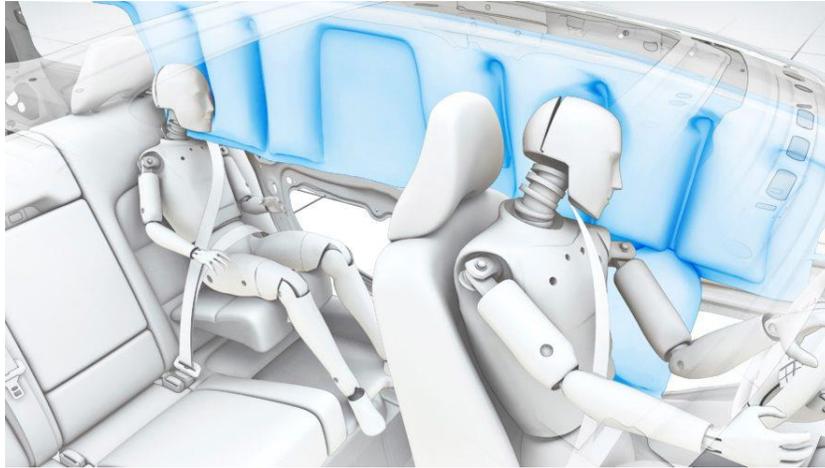
*Nota.* La imagen representa la finalidad del sistema airbag, el cual es amortiguar el golpe del conductor contra el volante. Tomado de (Baskar, 2023).

### **4.13.3 Airbag de cortina**

El airbag de cortina se activa desplegándose desde la parte superior del vehículo hacia abajo, cubriendo la zona de las ventanas. Esta acción proporciona protección al cuello de los ocupantes, impidiendo posibles impactos con las ventanas del automóvil. Además de esta función, al crear una barrera entre el cristal y los ocupantes, previene el riesgo de cortaduras causadas por fragmentos de vidrio que puedan desprenderse durante la colisión (VOLVO, 2022).

## Figura 5

### *Airbag de cortina*



*Nota.* La imagen representa la finalidad del sistema airbag de cortina, el cual es reducir el impacto lateral de los ocupantes del vehículo. Tomado de (Viso, 2020).

#### **4.13.4 Carrocería deformable**

La estructura deformable del vehículo se configura con el propósito de reducir al máximo el impacto de una colisión sobre los ocupantes del automóvil. Su función primordial consiste en absorber y dispersar la energía producida durante un accidente, impidiendo que alcance el habitáculo y proporcionando, de esta manera, una capa de protección a los pasajeros (Lazo, 2023).

**Figura 6**

*Zonas de deformación programada*



*Nota.* La imagen representa las zonas de deformación programada en un vehículo comercial, esto ayuda a salvaguardar el bienestar de los ocupantes. Tomado de (Lazo, 2023).

### **4.13.5 Reposacabezas**

#### **4.13.5.1 Pasivos**

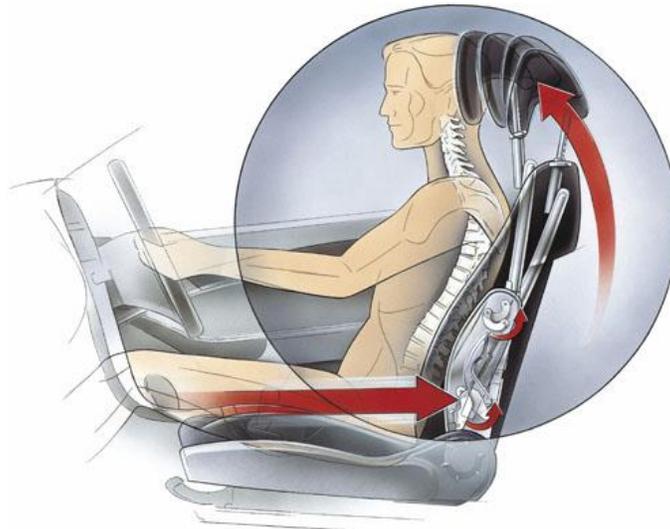
Los reposacabezas más comunes pueden encontrarse integrados en la estructura del asiento, con la posibilidad de ajustarse, o formar una unidad única con el propio asiento, como se observa en los asientos deportivos o tipo "bucket". Si se posicionan de manera adecuada, cumplirán efectivamente su función (Otero, 2022).

#### 4.13.5.2 Activos

En situaciones de colisión, especialmente en impactos traseros, estos reposacabezas se activan de forma automática para sujetar la cabeza. Este proceso se lleva a cabo mediante una placa de presión ubicada en el respaldo y un sistema de muelles que dirige el reposacabezas hacia arriba y adelante, ofreciendo protección tanto para la cabeza como para el movimiento del cuello (Otero, 2022).

#### Figura 7

*Reposacabezas activo*



*Nota.* La imagen representa el suceso de funcionamiento del reposacabezas activo, el cual se basa en el desplazamiento frontal para evitar el efecto latigazo en el ocupante. Tomado de (Costas, 2008).

#### 4.14 Clasificaciones de sistemas de frenado según su modo de operación

El objetivo fundamental de los frenos consiste en disminuir de forma gradual la velocidad del vehículo o mantenerlo en reposo cuando está detenido. Dado que el desplazamiento del

vehículo se genera a través de las ruedas, detenerlo implica la eliminación de dicho movimiento. Por lo tanto, el sistema de frenos engloba todos los componentes esenciales necesarios para llevar a cabo esta función. Un vehículo debe contar con los siguientes sistemas de frenado.

#### **4.14.1 Frenos de servicio**

El sistema de frenos de servicio de un vehículo, que se controla mediante el pedal de freno, posibilita la reducción gradual de su velocidad, la detención completa o la prevención de su desplazamiento. En situaciones donde se busca disminuir la velocidad o detener el vehículo, entra en juego la energía cinética, la cual debe ser extraída o transformada. Esta extracción o transformación de la energía cinética se efectúa mediante la fricción generada durante la acción de frenado, que pone en contacto dos superficies: una que rota (la llanta unida al disco o tambor) y otra fija (pastilla o zapatas montadas en un componente de sujeción) (Vázquez et al., 2022).

#### **4.14.2 Sistema de freno de estacionamiento**

El sistema de freno de estacionamiento, comúnmente conocido como "freno de mano", tiene la función de inmovilizar el vehículo en su posición, incluso en superficies inclinadas y cuando no hay un conductor presente. Este sistema de freno puede activarse gradualmente y solo afecta a las ruedas de un eje. Por motivos de seguridad, es esencial contar con una conexión mecánica completa entre el dispositivo de accionamiento y el freno de rueda. El cable del freno de mano juega un papel crucial al establecer esta conexión (BOSCH, 2018).

#### **4.14.3 Sistema de frenado de socorro**

El sistema de frenado de emergencia debe posibilitar, al activar su control, detener el vehículo en una distancia adecuada en caso de que el freno principal falle. La intensidad de sus efectos deberá ser ajustable. El conductor tendrá la capacidad de aplicar freno desde la posición de conducción sin apartar las manos del volante. Según estas normativas, se considera que no

debería ocurrir simultáneamente más de una falla en el sistema principal de frenado (Telenchana, 2018).

#### **4.15 Seguridad activa**

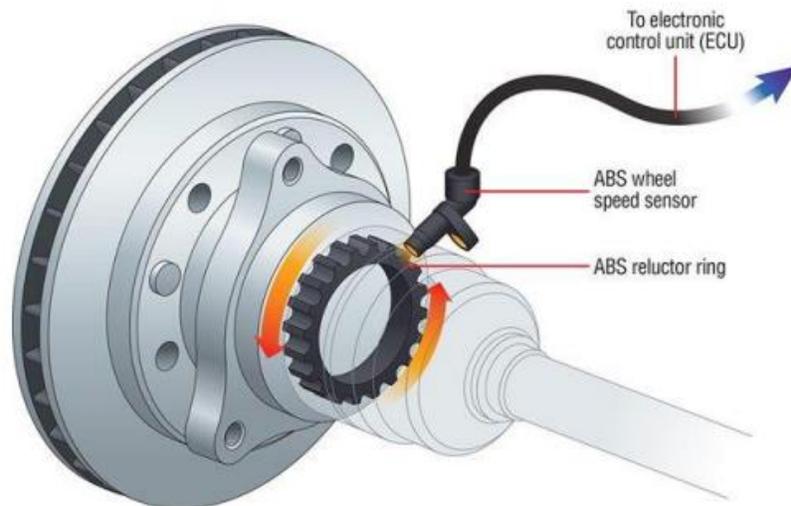
La seguridad activa o primaria se encarga de examinar y perfeccionar los elementos que influyen en el control del vehículo, con el objetivo de prevenir accidentes. La atención y percepción del conductor son esenciales para que las medidas que se describirán puedan ofrecer todos sus beneficios (Astudillo, Tecnología del automóvil, 2010).

##### **4.15.1 Frenos ABS**

El ABS, conocido como "Sistema Antibloqueo de Frenos" en español, tiene como función principal prevenir el bloqueo de las ruedas durante la frenada del vehículo, mejorando así su estabilidad y control. Esto se debe a que una rueda que gira sin bloquearse aprovecha de manera óptima la adherencia necesaria para mantener el control direccional y evitar desplazamientos laterales, al mismo tiempo que contribuye a reducir la distancia de frenado (TRILER, 2019).

## Figura 8

### Sistema ABS



*Nota.* La imagen representa los componentes que intervienen en el funcionamiento del sistema ABS. Tomado de (Robles, 2020).

#### 4.15.2 Sistema de estabilidad electrónica

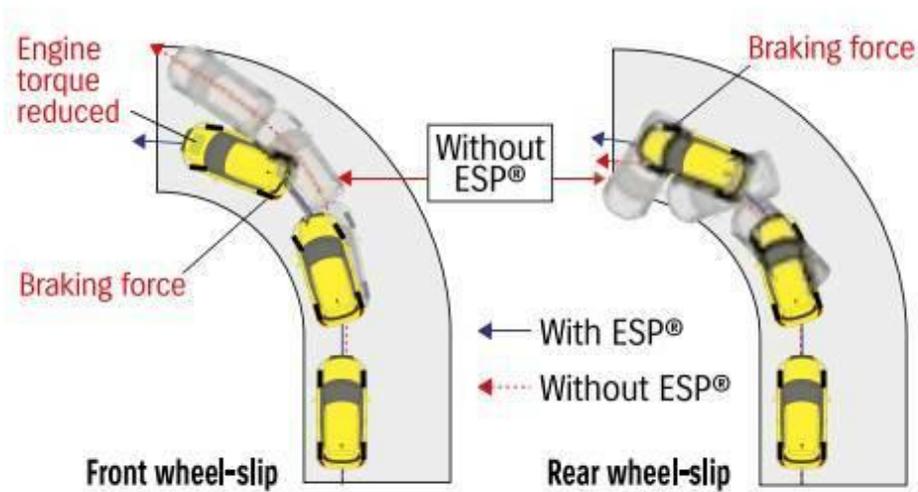
El término ESP, que representa el acrónimo de "Programa Electrónico de Estabilidad" en español, designa un sistema de seguridad activa específico, también conocido como control electrónico de estabilidad. La función primordial de este sistema radica en prevenir el deslizamiento lateral del vehículo y preservar la dirección establecida por el conductor mediante el volante. El ESP desempeña un papel crucial para mantener el control del automóvil, especialmente en condiciones adversas de la carretera y en situaciones críticas de conducción, donde existe la tendencia del vehículo a desviarse o resbalar debido a las leyes fundamentales de la física. Su objetivo fundamental es la mitigación de accidentes de tráfico derivados del derrape y la pérdida de control vehicular (DERCO CENTER, 2022).

El Sistema de Estabilidad Electrónica (ESP) se estructura mediante una Unidad de Control Electrónico (UCE), actuadores incorporados en el sistema de frenos y una diversidad de sensores especializados, que abarcan desde aquellos encargados de detectar el ángulo de dirección hasta la velocidad de giro (coordinada con el sistema de frenos antibloqueo, ABS), pasando por el ángulo de giro y la aceleración transversal.

La Unidad de Control Electrónico (UCE) realiza el procesamiento de la información adquirida por los sensores a una frecuencia aproximada de 25 ciclos por segundo. En situaciones en las que se detectan discrepancias entre la dinámica real del vehículo y las intenciones del conductor al realizar un giro, el sistema interpreta la presencia de un riesgo inminente y ejecuta acciones automáticas, como la aplicación de frenos selectivos, con el objetivo de corregir la trayectoria del automóvil. Para garantizar una interpretación precisa del dispositivo y minimizar el riesgo a cero, el conductor debe indicar la trayectoria deseada al activar el sistema de estabilidad electrónica. Es esencial que el ESP esté integrado con el ABS y que tanto los neumáticos como el sistema de frenos se encuentren en óptimas condiciones para su funcionamiento adecuado.

## Figura 9

### Sistema ESP



*Nota.* La imagen representa el control electrónico de estabilidad en vehículos que corrige deslizamientos y mejora la tracción para aumentar seguridad. Tomado de (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ, 2021).

### 4.15.3 Sistema de dirección

Este componente desempeña la función de orientar al vehículo, asegurando que su ruta coincida con la disposición de la vía y permitiendo que el conductor realice las maniobras requeridas mientras conduce (Molero, 2022).

La dirección hidráulica constituye un sistema de asistencia a la dirección que emplea la energía hidráulica para mejorar la maniobrabilidad y la precisión en el control del automóvil. Al incorporar la dirección hidráulica, se posibilita a los conductores girar el volante con mayor facilidad, control y reducido esfuerzo, proporcionando así una experiencia de conducción más cómoda y segura (Mecánica Automotriz, 2023).

## Figura 10

### Sistema de dirección hidráulica



*Nota.* Utiliza fluido presurizado para facilitar el giro del volante vehicular, mejorando maniobrabilidad y confort. Tomado de (Mecánica Automotriz, 2023).

#### 4.15.4 Sistema de suspensión

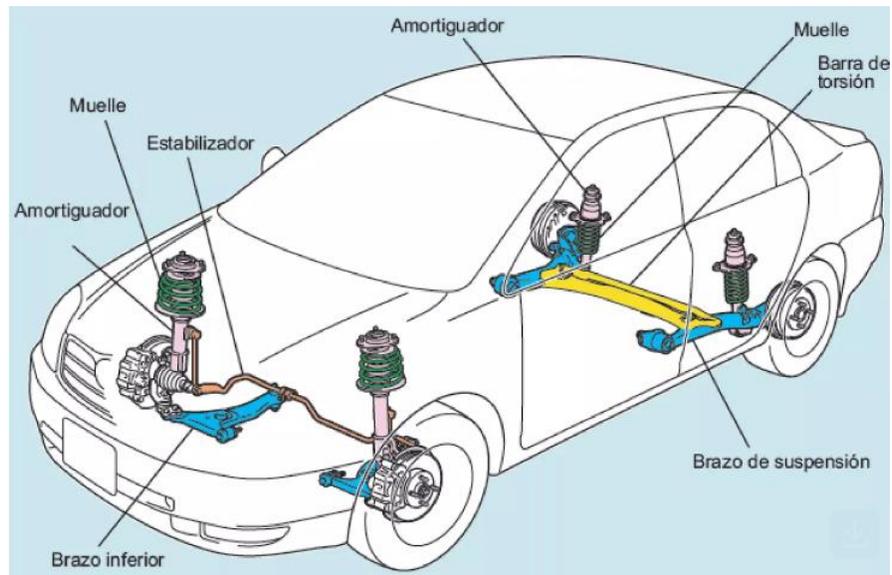
El sistema de suspensión de un vehículo juega un papel esencial en la optimización de su dinámica. Su función principal implica la gestión de fuerzas inerciales y la absorción de irregularidades del terreno para proporcionar una respuesta precisa a las acciones del conductor. Su tarea fundamental radica en mantener la carrocería sobre las ruedas al conectarlas al chasis, lo que repercute de manera significativa en la seguridad activa del vehículo al asegurar estabilidad en curvas y un alto nivel de confort y maniobrabilidad durante la conducción.

El rendimiento deficiente del sistema de suspensión implica un aumento significativo del riesgo al volante. Esta situación puede resultar en extensiones de hasta un 60% en las distancias

de frenado y causar un funcionamiento irregular en sistemas de seguridad activa como el ESP o el ABS.

## Figura 11

### *Sistema de suspensión*



*Nota.* La imagen representa el sistema de suspensión del vehículo, el cual absorbe impactos, mantiene la estabilidad y mejora la comodidad durante la conducción. Tomado de (Wild, 2023).

#### **4.15.5 Sistemas de alumbrado de vehículos**

El sistema de iluminación del vehículo constituye un componente esencial de la seguridad activa en condiciones de tráfico nocturno. La finalidad del sistema de iluminación de un vehículo radica en proporcionar una iluminación adecuada del camino durante la noche, así como señalar la posición del vehículo y los cambios de dirección. Para llevar a cabo esta tarea, los vehículos están equipados con un sistema que comprende faros y luces (RACE, 2006).

## Figura 12

### *El sistema de alumbrado del vehículo*



*Nota.* La imagen representa las ubicaciones de los componentes del sistema de alumbrado de un vehículo comercial. Tomado de (Jiménez, 2015).

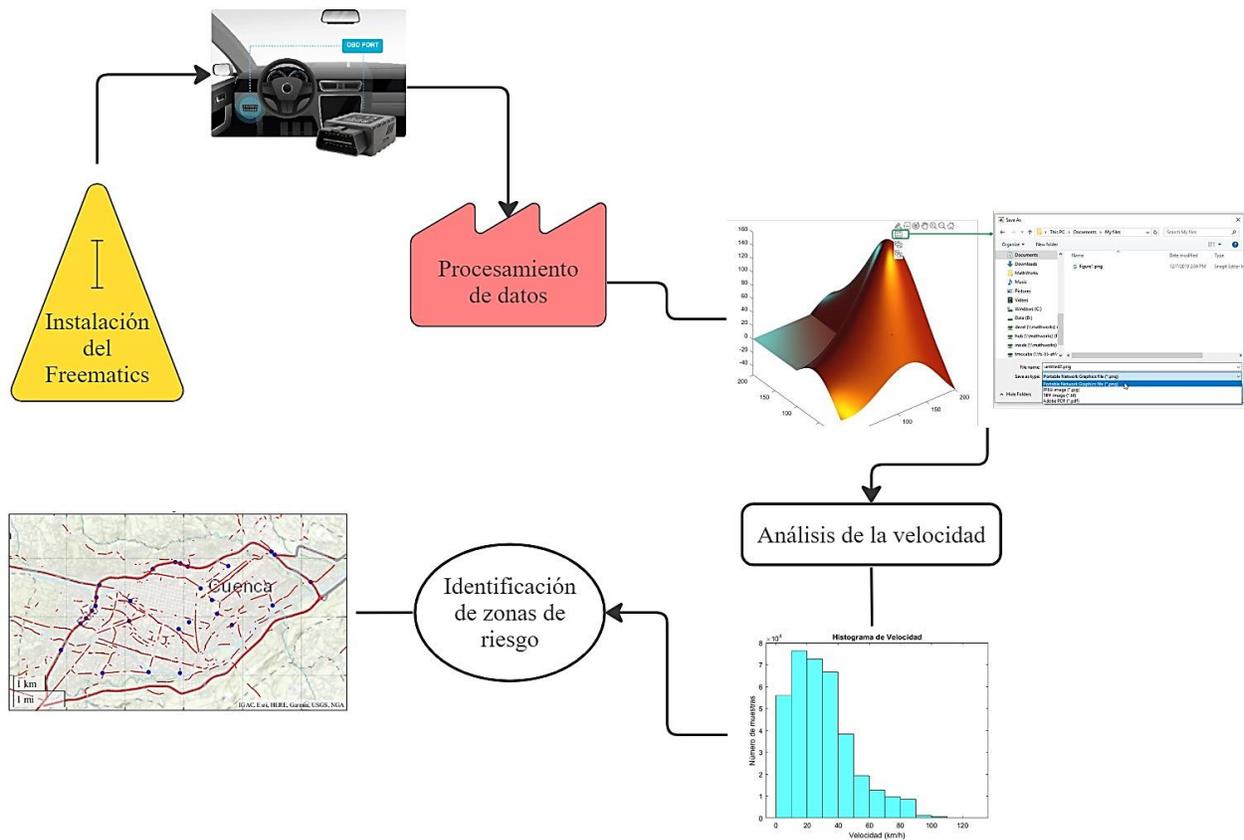
## CAPITULO II

### 5. Recolección, Análisis y Evaluación de datos de conducción en zonas de Cuenca, utilizando parámetros PID y herramientas de ingeniería

#### 5.1 Esquema del proceso para la ejecución del proyecto

Figura 13

Secuencia visual que detalla los pasos esenciales en la realización del proyecto



Nota. Progresión de los procedimientos en la ejecución del proyecto.

#### 5.2 Levantamiento y procesamiento de datos

La obtención completa de datos se lleva a cabo mediante el empleo del dispositivo Freematics ONE+. Este componente presenta la capacidad de establecer conexión con el puerto OBD II, permitiendo así recopilar todas las métricas que impactan en el desempeño del automóvil.

En el proceso de recolección, dicho dispositivo adquiere los datos al instante ya que el dispositivo al conectarse al automóvil recopila una extensa variedad de información para supervisar el rendimiento vehicular, el comportamiento del conductor y otros datos esenciales. Este dispositivo capta datos característicos como la velocidad del vehículo, el régimen de giro del motor, la temperatura del motor y el consumo de combustible, ofreciendo información clave sobre el estado y la actividad del motor, y los guarda en archivos con extensión “.CSV”. Estos datos serán analizados con el código que será desarrollado.

### **Figura 14**

*Dispositivo Freematics*



*Nota.* La imagen se refiere al dispositivo freematics, el cual almacena todas las medidas que afectan al rendimiento del vehículo. Tomado de (Freematics, 2021).

### **5.3 Trazado de las rutas**

Para identificar las áreas vulnerables, resulta fundamental analizar el recorrido realizado, y para ello, se hace necesario trazar la ruta. Este proceso se logra mediante la utilización de los datos de latitud y longitud almacenados por el dispositivo Freematics.

En el procesamiento de datos, Matlab® utiliza las coordenadas geográficas de latitud y longitud con el propósito de obtener una localización precisa de puntos en la superficie terrestre. Este programa implementa coordenadas angulares esféricas y esferoides con el centro en el núcleo terrestre, representando estos valores angulares en grados bajo la convención sexagesimal.

- La latitud de un punto en la Tierra se define como el ángulo entre el plano ecuatorial y la línea que conecta dicho punto con el centro del planeta. El ecuador, considerado el paralelo 0°, divide la esfera terrestre en regiones Norte y Sur, lo que conlleva a que el Polo Norte tenga una latitud de 90° N y el Polo Sur tenga una latitud de 90° S.
- La longitud de un punto particular en la Tierra se establece mediante el ángulo formado entre la línea que pasa por ese lugar y el meridiano de Greenwich. El meridiano de Greenwich sirve como referencia para dividir la Tierra en los hemisferios Este y Oeste.

Los vectores de entrada, denominados "Lat" y "Long", contienen los datos de coordenadas geográficas que representan la trayectoria seguida por cada vehículo seleccionado durante su recorrido.

$$\text{Lat}(i)=\text{Valores}(\text{nGPS1}(1))$$

$$\text{Long}(i)=\text{Valores}(\text{nGPS1}(1) + 1)$$

## **5.4 Clasificación de la velocidad de circulación**

### **5.4.1 Extracción de velocidad**

Una vez que los datos se han cargado en Matlab®, se selecciona específicamente la columna que contiene los datos de velocidad. Esto implica aislar la información de interés para

realizar la clasificación, ya que el dispositivo datalogger proporciona datos fundamentales sobre el comportamiento del automóvil.

Se define un criterio de clasificación para la velocidad en base a los límites máximos permitidos y los rangos moderados establecidos por la ley para diferentes tipos de vías. Este enfoque categoriza las velocidades en tres grupos distintos, según la clasificación de las velocidades medida en cada tipo de vía.

Las categorías de clasificación de velocidad según la ley se dividen en dos grupos principales. Dentro del rango moderado, establecido en el Artículo 142.g, se encuentran las siguientes especificaciones: en vías urbanas, las velocidades oscilan entre 50 km/h y justo por debajo de 60 km/h; en vías perimetrales, se sitúan entre 90 km/h y hasta menos de 120 km/h; en rectas de carreteras, varían entre 100 km/h y menos de 135 km/h; y en curvas de carreteras, se encuentran entre 60 km/h y por debajo de 75 km/h. Por otro lado, las velocidades fuera del rango moderado, según el Artículo 145.e, se definen de la siguiente manera: en vías urbanas, aquellas que superan los 60 km/h; en vías perimetrales, velocidades que exceden los 120 km/h; en rectas de carreteras, aquellas que superan los 135 km/h; y en curvas de carreteras, velocidades que superan los 75 km/h.

Dentro del límite máximo establecido por la ley:

Se refiere a estar dentro del máximo permitido para cada tipo de vía: 50 km/h en vías urbanas, 90 km/h en perimetrales, 100 km/h en rectas de carreteras y 60 km/h en curvas de carreteras.

Esta clasificación permite identificar si una velocidad medida se ajusta al límite establecido, está dentro del rango moderado permitido por la ley o excede dicho rango, brindando

una herramienta clave para evaluar el cumplimiento de las regulaciones de velocidad en diferentes tipos de vías.

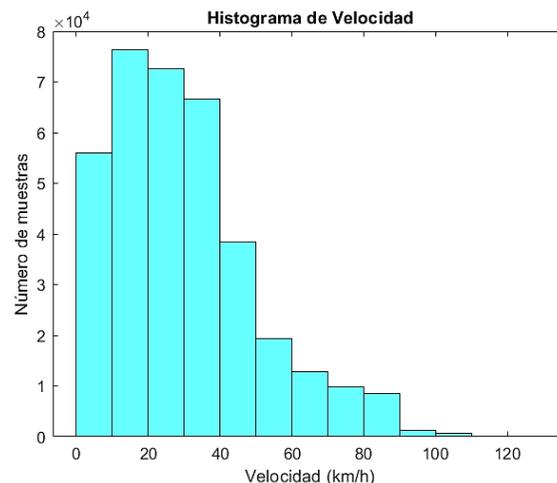
La etapa inicial de programación se llevará a cabo mediante la ejecución de un ciclo de conducción específico. Este proceso está diseñado con el claro propósito de ajustar de manera precisa y completa todos los parámetros esenciales para el análisis. Una vez completada esta fase de calibración inicial, se procederá a realizar un análisis a gran escala utilizando la totalidad de los datos recopilados de los vehículos utilizados en el desarrollo del proyecto. Este enfoque estratégico garantiza una configuración eficiente del sistema, sentando las bases necesarias para llevar a cabo análisis detallados en los ciclos siguientes de conducción.

### 5.4.2 Visualización de datos

En la figura 15 se presenta la gráfica de la velocidad del motor en valores reales. Se tiene la opción de representar gráficamente esta información utilizando una amplitud normalizada, con la finalidad de examinar la relación de un valor en comparación con otro o con varios.

**Figura 15**

*Histograma de velocidad*



*Nota.* La imagen representa el número de muestras tomadas por ciertos intervalos de velocidad.

## **5.5 Trayectorias recorridas**

Uno de los puntos clave para el análisis se enfoca en el trayecto seguido por los vehículos participantes, el cual se elige de forma aleatoria. La selección al azar de los conductores, en lugar de preferir rutas específicas, enriquece la colección de datos al proporcionar una amplia gama de información sobre diferentes estilos y formas de conducir. Esta metodología otorga una visión más completa de cómo se mueve la población en la ciudad y de su comportamiento al conducir. Al recolectar información de conductores en distintas ubicaciones, se logra identificar áreas problemáticas en la ciudad, donde los conductores suelen exceder los límites de velocidad. Este enfoque amplio y aleatorio promueve una comprensión más profunda de los patrones de tráfico y del comportamiento al volante.

Por lo cual, se seguirá el trayecto de cada vehículo dentro de la delimitación establecida en la figura 1. La figura 16 indica el trazado de un ciclo de conducción usando la programación con el software de ingeniería Matlab®.

## Figura 16

Trazado de la ruta



*Nota.* La figura ilustra el recorrido realizado por un conductor seleccionado de manera aleatoria.

### 5.5.1 Trayectorias con indicadores de velocidad

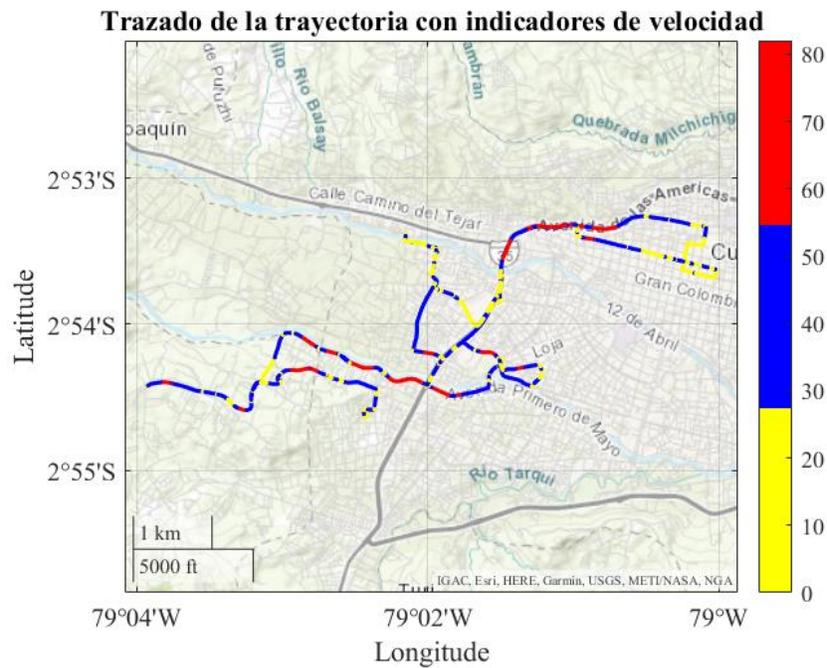
En esta sección, la ruta se clasifica mediante indicadores de velocidad, y en el software, se definen los rangos a analizar en los límites específicos. Se asignan colores a estos diferentes rangos de velocidad, sin que estos colores en sí mismos representen información específica, simplemente actúan como indicadores visuales para diferenciar las distintas categorías de velocidad establecidas en el análisis.

Estas separaciones de la velocidad mediante los indicadores se realizan en los rangos mencionados, además el artículo 193 del RLOTTTSV menciona que, al aproximarse a una intersección sin regulación, se requiere que todos los vehículos limiten su velocidad a un máximo de 30 kilómetros por hora. Asimismo, al transitar por áreas designadas como zonas escolares, se

establece un límite de velocidad adicional, reduciendo la velocidad máxima permitida a 20 kilómetros por hora. Estas medidas están diseñadas para promover la seguridad vial, especialmente en lugares donde la presencia de peatones, como estudiantes en zonas escolares, requiere una atención y precaución especial por parte de los conductores.

### Figura 17

*Trazado de la ruta con indicadores de velocidad*



*Nota.* La imagen representa la trayectoria con indicadores de velocidad.

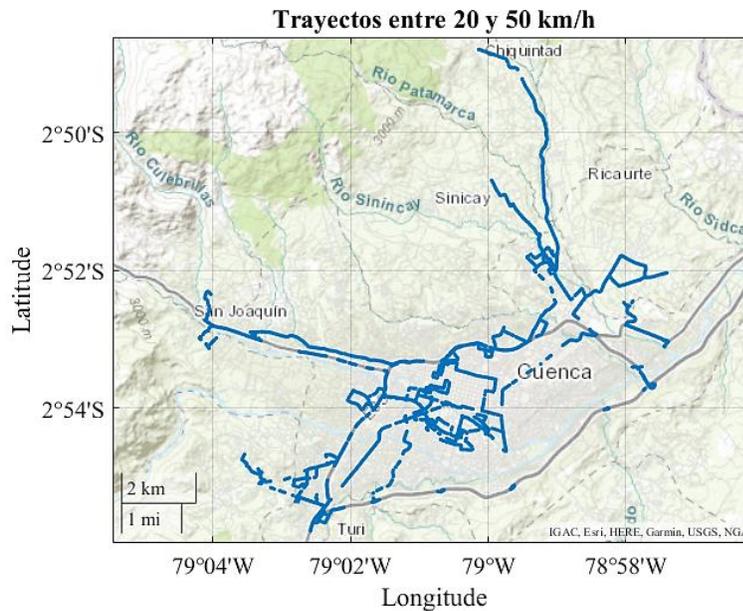
#### 5.5.2 Trayectorias en el rango de 20 a 50 km/h

Una vez que se ha registrado y obtenido la ruta seguida por el vehículo, el siguiente paso implica la segmentación de los trayectos donde se supera el límite de velocidad establecido por el RTTTSV. En una primera fase, se realiza una evaluación específica de los segmentos en los cuales la velocidad excede los 20 kilómetros por hora. Posteriormente, una vez identificada esta

trayectoria, se lleva a cabo un análisis adicional para determinar si dichos tramos atraviesan zonas escolares o áreas consideradas como vulnerables.

### Figura 18

*Trazado de las trayectorias que están entre el rango de 20 a 50 km/h*



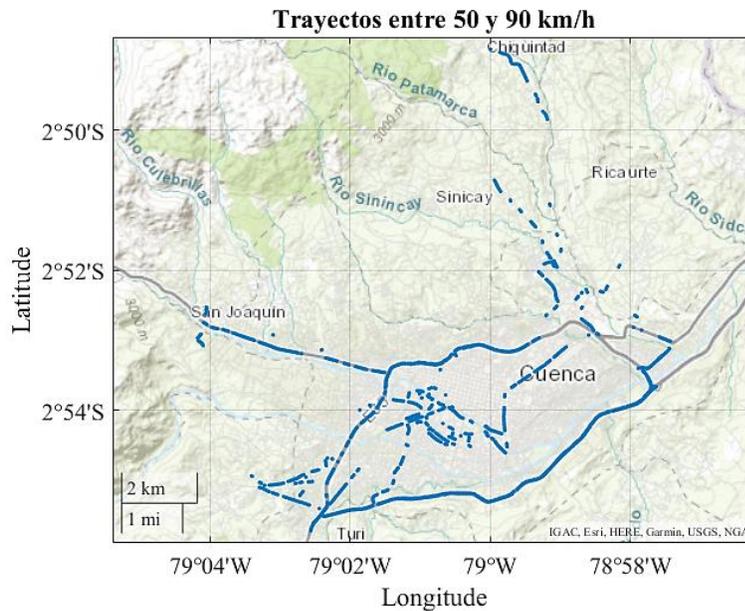
*Nota.* La imagen representa las trayectorias en donde el conductor circula de 20 a 50 km/h.

### 5.5.3 Trayectorias en el rango de 50 a 90 km/h

La etapa subsiguiente implica la delimitación de las rutas en las cuales el conductor se desplaza a velocidades comprendidas entre 50 y 90 kilómetros por hora. Tras la identificación de esta trayectoria específica, se procede a realizar un análisis adicional con el propósito de determinar si esos tramos atraviesan áreas de importancia crítica, tales como zonas escolares o regiones identificadas como vulnerables.

## Figura 19

*Trazado de las trayectorias que están entre el rango de 50 a 90 km/h*



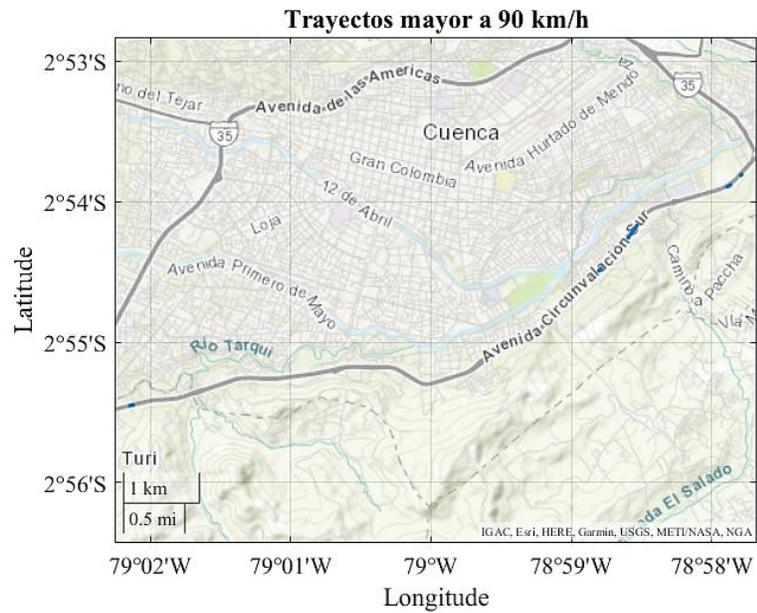
*Nota.* La imagen representa las trayectorias en donde el conductor circula de 20 a 50 km/h.

### 5.5.4 Trayectorias mayores a 90 km/h

En esta fase, dirigiremos nuestra atención hacia la evaluación de velocidades que exceden los 90 kilómetros por hora, tomando en cuenta las zonas urbanas recorridas por los conductores y examinando cuidadosamente las carreteras diseñadas para operar a esta velocidad. Tras la identificación de esta ruta específica, llevaremos a cabo un análisis adicional con el fin de determinar si los tramos en cuestión atraviesan áreas de importancia crítica, como zonas escolares o regiones identificadas como vulnerables. Este enfoque completo nos permitirá comprender de manera más profunda el impacto potencial de las velocidades elevadas en entornos sensibles, y tomar las medidas preventivas adecuadas.

## Figura 20

Trazado de las trayectorias que sobrepasan los 90 km/h



*Nota.* La imagen representa las trayectorias en donde el conductor circula a una velocidad mayor a 90 km/h.

## 5.6 Vehículos utilizados para la extracción de datos

**Tabla 2**

*Datos relevantes acerca de los vehículos utilizados*

<b>Modelo</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Coefficiente de masas rotativas (<math>\gamma f</math>)</b>	<b>Coefficiente de resistencia aerodinámica</b>	<b>Área frontal (<math>m^2</math>)</b>	<b>Coefficiente de resistencia a la rodadura (<math>f_r</math>)</b>
Kia – Picanto	885		0.34		
Renault – Dacia Logan	1088		0.36		
Kia – Rio	1062		0.31		
Hyundai – Accent	1102		0.33		
Chevrolet – Aveo	1365	1.05	0.35	2.368	0.016
Chevrolet – Optra	1280		0.5		
Hyundai – Creta	1165		0.36		
Hyundai - i10	1027		0.31		
Hyundai – Matrix	1269		0.33		
Hyundai - Santa fe	2380		0.29		

*Nota.* Esta tabla muestra las variables necesarias para realizar los cálculos de la distancia de frenado

**5.6.1 Promedio de los valores de todos los vehículos para realizar los cálculos en Matlab®**

**Tabla 3**

*Promedios de las variables a considerar*

<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Masa	1262.3	Kg
Coefficiente de resistencia aerodinámica	0.348	
Área frontal	2.54	$m^2$

**5.7 Cálculo para encontrar la distancia de frenado, teniendo en consideración el promedio de las variables influyentes de los vehículos utilizados**

La distancia que el vehículo recorrerá cuando se lleve a cabo la frenada será desde el momento que se acciona el pedal del freno hasta que el automotor se detenga completamente, este evento dependerá de algunos factores tales como:

- El estado de los neumáticos.
- La velocidad a la cual el vehículo se encuentra circulando.
- Las condiciones climáticas.
- El estado de la carretera por la cual circula.

La ecuación 6 se utiliza para realizar este cálculo:

$$S_p = \frac{P * \gamma_f}{2 * C * g} * \ln \left[ 1 + \frac{C * V_1^2}{F_f + P * \sin\theta + P * f_r} \right] \quad (6)$$

El cálculo en Matlab® responde a las variables:

$P$  = peso del vehículo.

$\gamma f$  = coeficiente de masas rotativas.

$C$  = Coeficiente de resistencia

$cx$  = coeficiente de resistencia aerodinámica al avance.

$Af$  = área frontal del vehículo.

$V_1^2$  = valor de la velocidad del vehículo en  $m/s$

$Ff$  = fuerza de rozamiento.

$fr$  = coeficiente de resistencia a la rodadura.

$g$  = gravedad.

Las magnitudes incorporadas en la ecuación para el cálculo mediante Matlab® abarcan el valor medio del peso, el coeficiente de masas ( $\gamma = 1.05$ ), la resistencia aerodinámica media, el área frontal media y el coeficiente  $C$  de resistencia, obtenido mediante la fórmula  $C = 1/2 * cx * Af$  empleando las variables previamente conocidas. La velocidad se convierte a  $m/s$  mediante la aplicación de los valores del vector de velocidad del conductor. Para la fuerza de rozamiento  $Ff$ , se realiza el cálculo  $Ff = \mu * P$ , mientras que el coeficiente de resistencia a la rodadura se determina con la fórmula:  $fr = 0.015 + 0.01 * (Vld/100)^{2.5}$ . Con todas las variables definidas, Matlab® ejecuta el cálculo, generando así los resultados de las distancias de frenado.

La distancia de frenado, calculada a través de Matlab® con valores promediados para todos los vehículos, constituye un factor crucial en el análisis de las zonas donde se excede el límite de velocidad. Este análisis es especialmente relevante en intersecciones, donde la distancia de frenado

desempeña un papel significativo en la evaluación de la seguridad vial. Asimismo, la consideración de esta distancia adquiere importancia en áreas sensibles como zonas escolares, donde la capacidad de frenado influye directamente en la seguridad de los peatones y usuarios de la vía. La aplicación de este enfoque proporciona una perspectiva integral para identificar y abordar las áreas donde la velocidad y la capacidad de frenado tienen un impacto crítico en la seguridad del tráfico.

$$S_p = 14.25 \text{ m}$$

## CAPITULO III

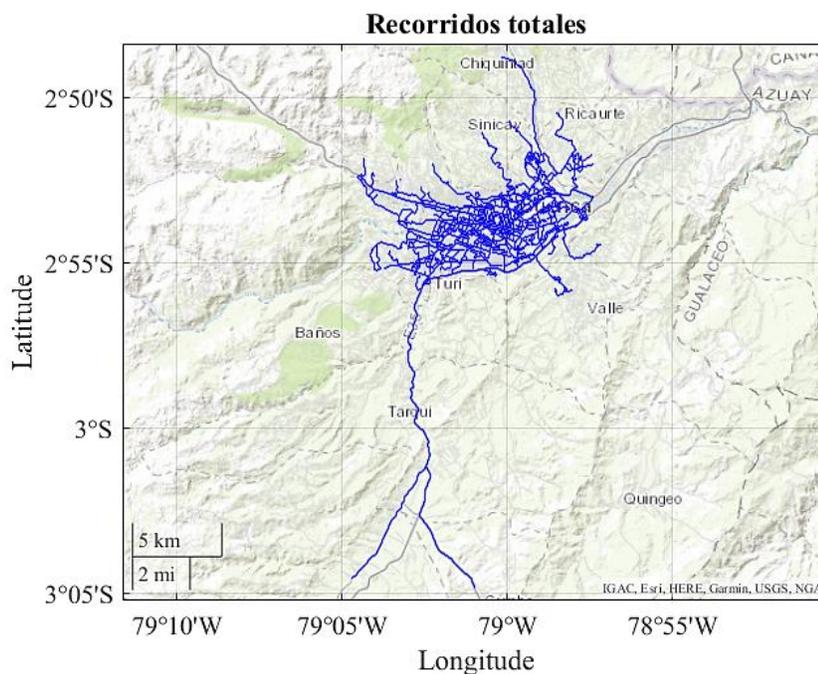
### 6. Mapeo de Vulnerabilidad en Accidentes de Tránsito

#### 6.1 Agrupación de todos los ciclos de conducción

En esta fase, se centralizan los diversos períodos de operación vehicular capturados en múltiples automóviles, englobando un rango significativo y representativo. El objetivo fundamental de este protocolo es efectuar un monitoreo minucioso de la dinámica de desplazamiento en el cantón Cuenca, posibilitando, de esta manera, la evaluación de las áreas de mayor afluencia y actividad, con el fin de calcular las zonas que presentan una mayor susceptibilidad a incidentes de tráfico.

#### Figura 21

*Todos los ciclos de conducción*



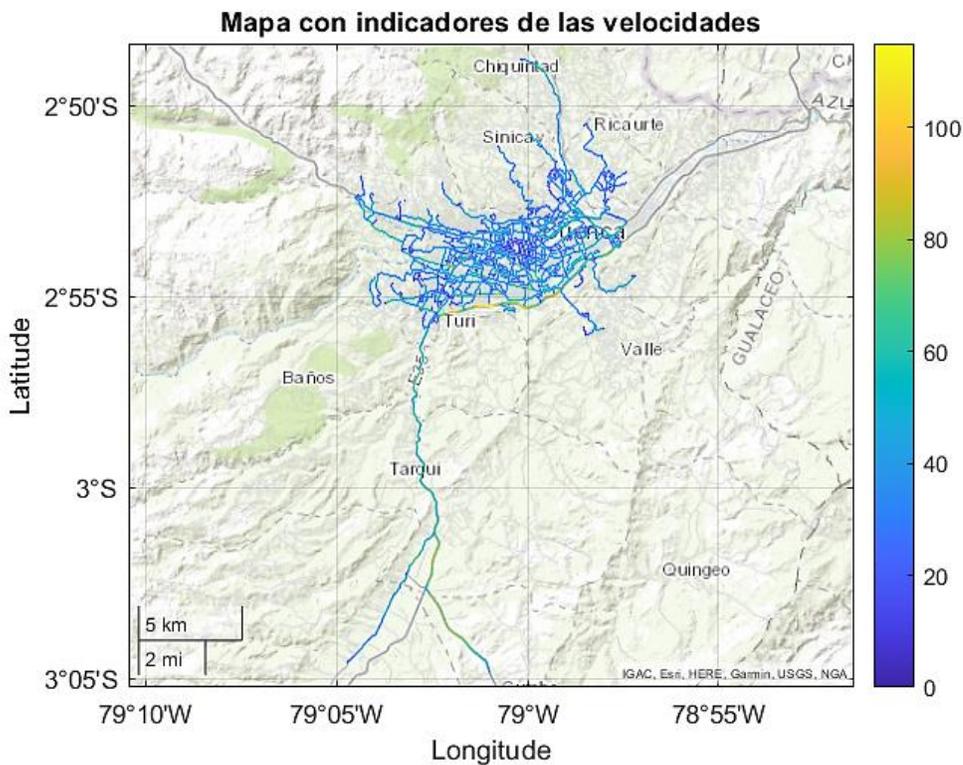
*Nota.* La imagen exhibe los trayectos de todos los ciclos adquiridos con el propósito de llevar a cabo el análisis.

## 6.2 Mapa referencial con indicadores de velocidad en las trayectorias recorridas

Tras concluir la programación de un único ciclo de conducción, se procede a la consolidación de todas las variables pertinentes con la finalidad de clasificar los diversos niveles de velocidad mediante la asignación de distintos colores correspondientes a cada rango de velocidad. Este procedimiento posibilita una representación visual nítida y eficaz de la información recabada, simplificando de este modo la identificación y análisis de patrones asociados a la velocidad en el contexto de la conducción.

**Figura 22**

*Trayectorias con indicadores de velocidad*



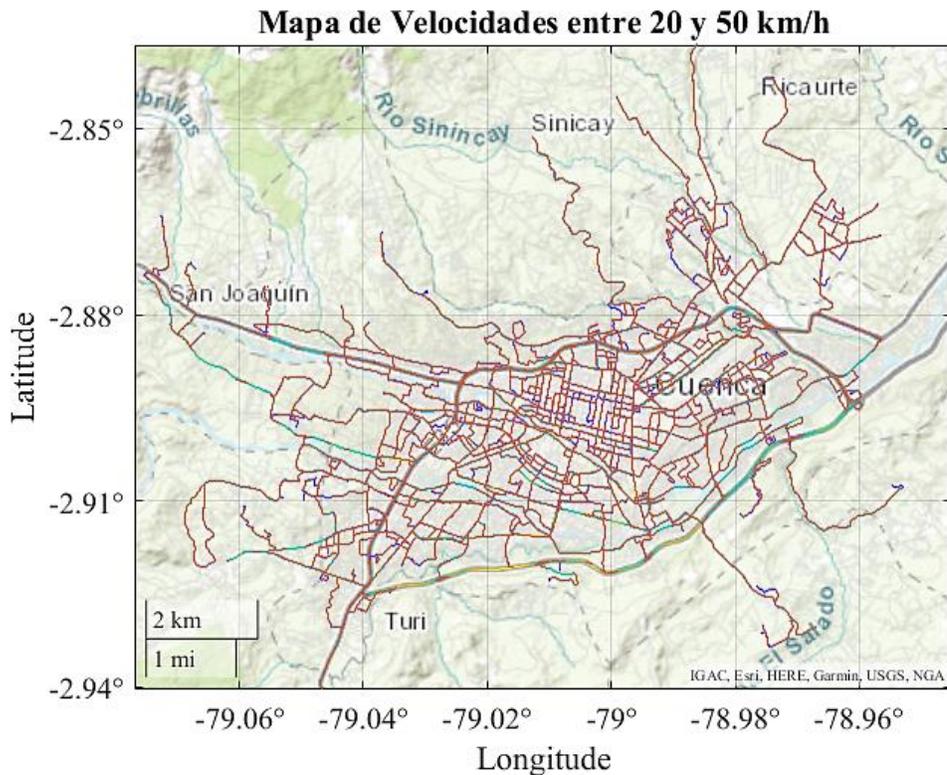
*Nota.* La imagen ilustra los recorridos mencionados en la figura 21, destacando las distintas velocidades mediante asignación de tonalidades específicas.

### 6.3 Mapa referencial con rangos de velocidad entre los 20 y 50 km/h

La representación gráfica exhibida en la figura 23 delineará en tonalidad naranja las trayectorias por las cuales los conductores han circulado en la urbe a velocidades comprendidas en el rango de 20 a 50 km/h. Este mapeo proporciona una herramienta efectiva para discernir la conducción agresiva de los conductores respecto al límite de velocidad establecido en áreas escolares, el cual está fijado en 20 km/h.

#### Figura 23

*Trayectorias con indicadores cuando la velocidad está entre 20 y 50 km/h*



*Nota.* La representación visual exhibe las trayectorias con marcadores correspondientes a velocidades comprendidas entre 20 y 50 km/h.

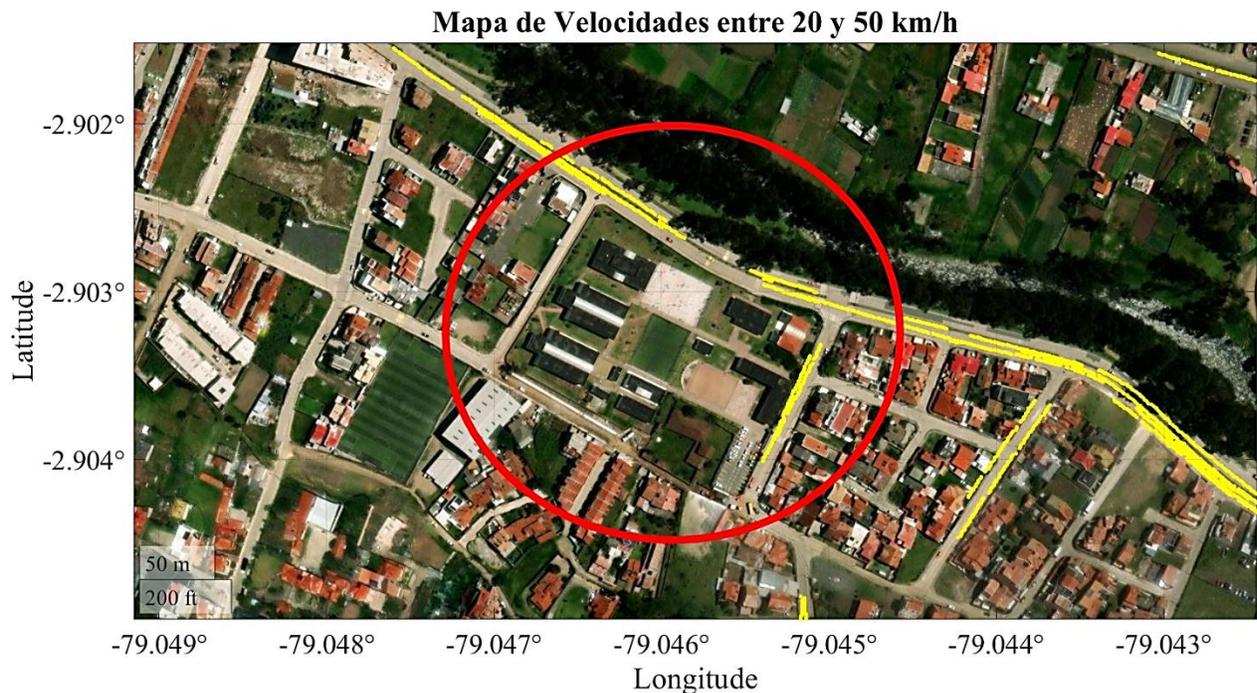
## 6.4 Zonas escolares vulnerables

### 6.4.1 Unidad Educativa Del Milenio Francisco Febres Cordero

En la representación gráfica proporcionada en la figura 24, se evidencia la transgresión del límite de velocidad preestablecido en las proximidades de la Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero. Dada la contextualización temporal en la cual se desarrolló la trayectoria, aproximadamente alrededor de la 1:00 pm, se infiere que el vehículo en cuestión constituye un factor de riesgo significativo. Este análisis se fundamenta en el hecho de que, a esa hora, concluye la jornada vespertina de la referida institución educativa.

#### Figura 24

*Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero*



*Nota.* La figura ilustra las vías circundantes a la Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero, donde se registra una velocidad que supera el límite establecido.

## Figura 25

### *Paso peatonal de la Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero*



*Nota.* La representación gráfica detalla el área destinada a peatones, utilizada para acceder al transporte urbano en autobús. Fuente: (Google Earth, 2023).

Conforme la figura 25, se identifica un cruce peatonal específicamente diseñado para los estudiantes de la mencionada institución educativa. En este contexto, circular a velocidades superiores a 50 km/h implicaría una distancia de frenado mínima de 14,25 metros. Dado que la institución alberga a niños a partir de los 5 años, esta situación plantea un riesgo considerable.

No obstante, a pesar de la presencia de una señal de límite de velocidad en la esquina de la unidad educativa, como se visualiza en la figura 26, se deduce que los conductores hacen caso omiso de dichas señales, fomentando una conducción irresponsable que podría dar lugar a situaciones de atropellos en las proximidades de la institución educativa.

## Figura 26

### Señal de máxima velocidad



*Nota.* La representación visual evidencia la señal que establece el límite de velocidad permitido.

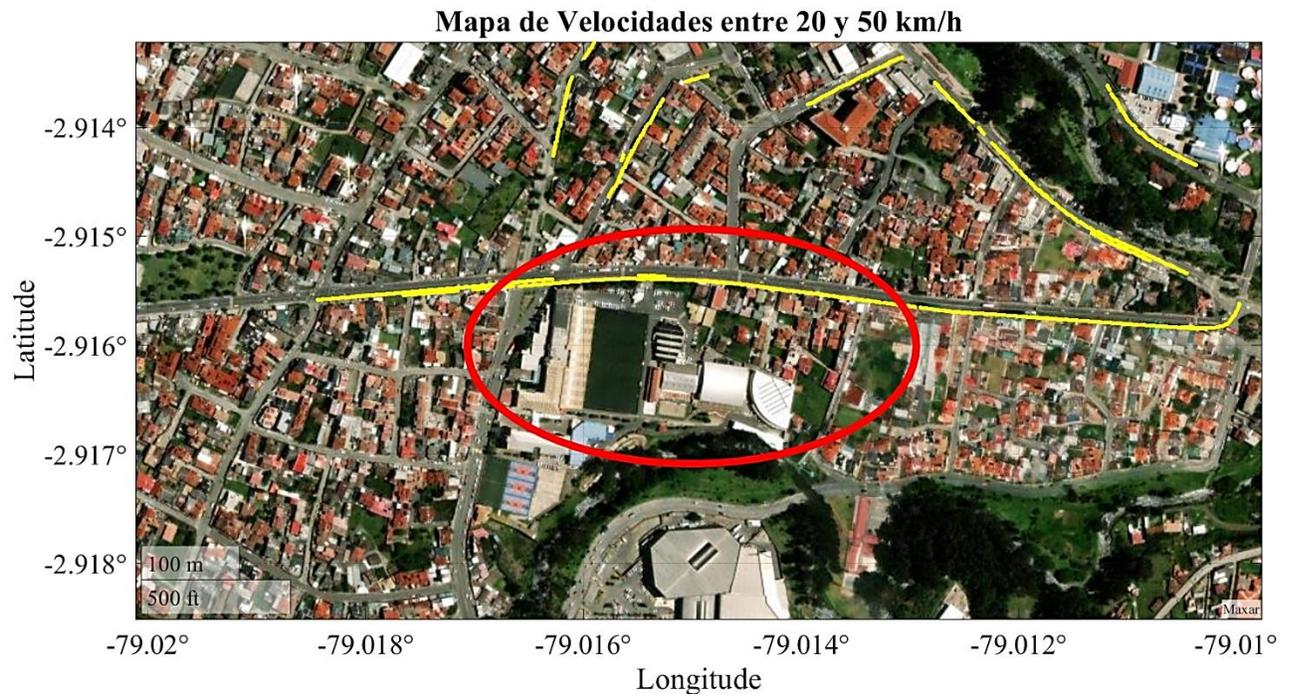
Fuente: (Google Earth, 2023)

### 6.4.2 Unidad Educativa Técnico Salesiano

La representación gráfica proporcionada en la figura 27 destaca la violación del límite de velocidad predefinido en las cercanías de la Unidad Educativa Técnico Salesiano. Al contextualizar el momento en el cual se llevó a cabo la travesía, específicamente alrededor de las 06:00 pm, se puede inferir que el vehículo involucrado plantea un riesgo significativo. Este análisis se fundamenta en la consideración de que, durante dicho horario, concluye la jornada vespertina en la institución educativa mencionada.

**Figura 27**

*Unidad Educativa Técnico Salesiano*



*Nota:* La representación gráfica ofrece un panorama detallado de las vías adyacentes a la Unidad Educativa Técnico Salesiano. En este entorno, se constata la presencia de vehículos circulando a velocidades que exceden los límites establecidos para la zona.

*Paso peatonal de la Unidad Educativa Técnico Salesiano*

*Nota:* La representación gráfica detalla el área destinada a peatones, utilizada para acceder al transporte urbano en autobús. Fuente: (Google Earth, 2023).

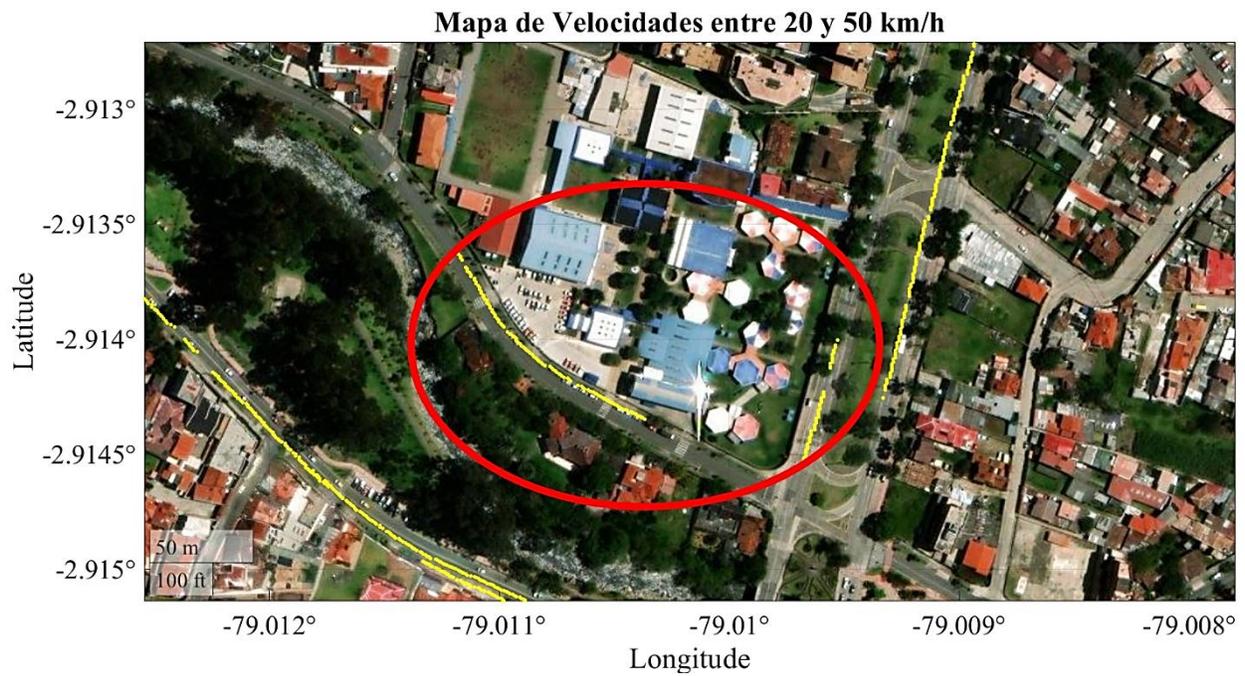
Según se aprecia en la figura 28, se destaca la presencia de un cruce peatonal especialmente planificado para los estudiantes de la institución educativa mencionada. En este escenario, la circulación a velocidades que superan los 50 km/h conlleva una distancia de frenado mínima estimada en 14,25 metros.

### 6.4.3 Unidad Educativa Bilingüe Interamericana

En la representación gráfica proporcionada en la figura 29, se observa la transgresión del límite de velocidad establecido en las inmediaciones de la Unidad Educativa Bilingüe Interamericana. Considerando el contexto temporal en el cual se llevó a cabo la ruta, aproximadamente alrededor de las 12:45 pm, se deduce que el vehículo en cuestión representa un riesgo sustancial. Este análisis se sustenta en el hecho de que, a esa hora, concluye la jornada matutina de la mencionada institución educativa.

## Figura 29

*Unidad Educativa Bilingüe Interamericana*



*Nota:* La representación gráfica ofrece un panorama de las vías adyacentes a la Unidad Educativa Bilingüe Interamericana. En este entorno, se constata la presencia de vehículos circulando a velocidades que exceden los límites establecidos para la zona.

## Figura 30

### *Paso peatonal de la Unidad Educativa Bilingüe Interamericana*



*Nota:* La gráfica representa el área destinada a peatones, utilizada para acceder al transporte urbano en autobús, además de la implementación de hitos viales (barras divisoras de vías para evitar el invadir el carril) Fuente: (Google Earth, 2023).

En la figura 30, se destaca un cruce peatonal diseñado específicamente para los estudiantes de la institución educativa mencionada. Junto con la implementación de hitos viales, elementos cruciales en la infraestructura vial, que desempeñan un papel esencial en la orientación, seguridad y eficiencia del tráfico. Colocados estratégicamente en carreteras y vías, estos marcadores visuales señalan límites de carriles, puntos de referencia, distancias y regulaciones de tráfico. Su presencia ayuda a prevenir accidentes, guía a conductores y peatones, mejorando la fluidez del tráfico y creando un entorno vial organizado y seguro.

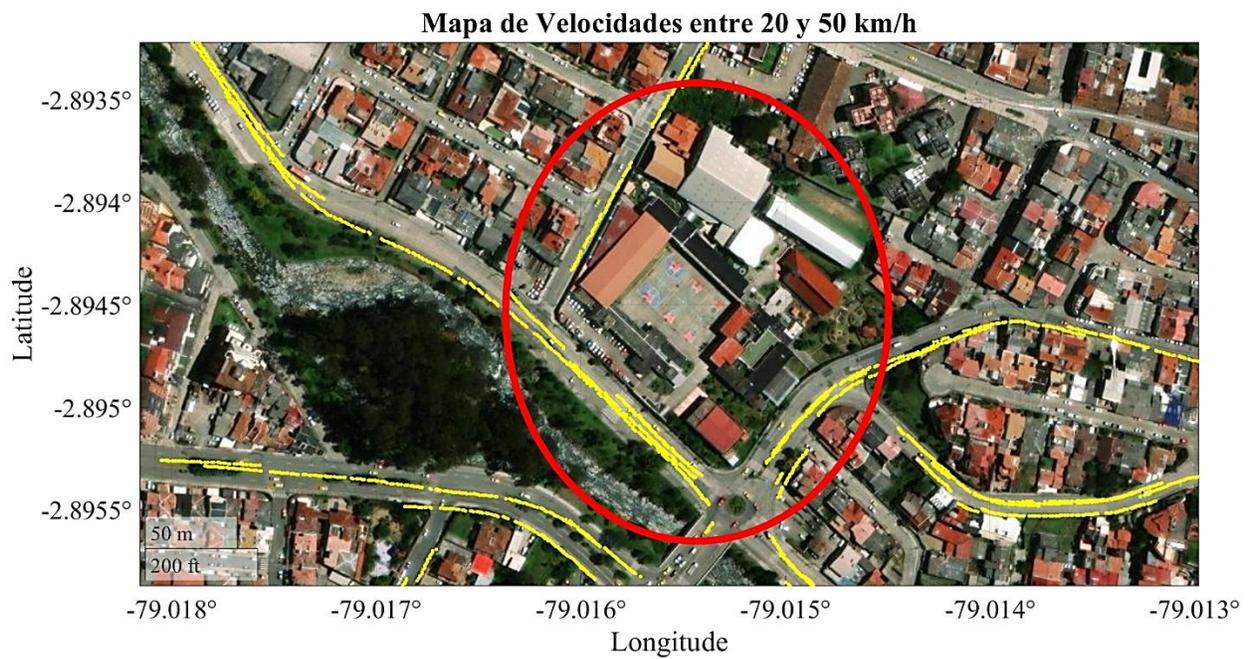
#### **6.4.4 Unidad Educativa Sagrados Corazones**

En la representación gráfica presentada en la figura 31, se evidencia la violación del límite de velocidad predefinido en las proximidades de la Unidad Educativa Sagrados Corazones.

Considerando el contexto temporal en el cual se desarrolló la ruta, aproximadamente alrededor de las 06:55 am, se infiere que el vehículo en cuestión constituye un riesgo significativo. Este análisis se basa en el hecho de que, a esa hora, inicia la jornada vespertina de la mencionada institución educativa.

### Figura 31

*Unidad Educativa Sagrados Corazones*



*Nota:* La gráfica ofrece un panorama de las vías adyacentes a la Unidad Educativa Sagrados Corazones. En este entorno, se constata la presencia de vehículos circulando a velocidades que exceden los límites establecidos para la zona.

## Figura 32

### *Paso peatonal de la Unidad Educativa Sagrados Corazones*



*Nota:* La gráfica representa el área destinada a peatones, utilizada para acceder al transporte urbano en autobús. Fuente: (Google Earth, 2023).

En la representación gráfica número 32, resalta un paso de peatones especialmente concebido para los estudiantes de la institución educativa señalada. Asimismo, al cotejar los resultados del análisis de accidentes efectuado en 2022, se evidencia que los conductores no han experimentado mejoras significativas en cuanto a la gestión de la velocidad. Esta falta de progreso podría propiciar situaciones propensas a accidentes durante las horas de mayor tráfico, particularmente cuando los estudiantes ingresan o salen de la unidad educativa.

Las restantes instituciones académicas, escuelas y colegios exhiben un nivel de riesgo insignificante, dado que la velocidad de circulación se mantiene dentro de los límites estipulados. Estos datos subrayan la adopción de prácticas conducentes a la seguridad por parte de los conductores en la mayoría de las áreas educativas, contribuyendo así a la prevención de posibles incidentes. No obstante, es pertinente inferir que la positiva observancia de normativas de

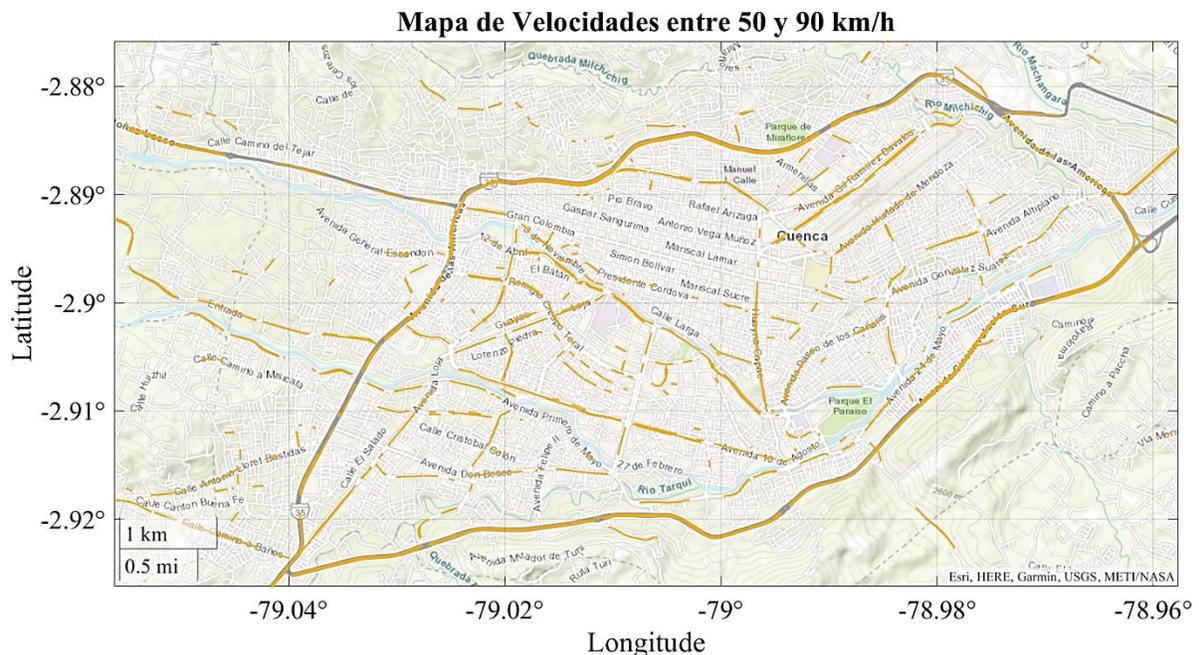
velocidad podría estar influenciada por las condiciones específicas de la infraestructura vial y el entorno circundante a dichas instituciones educativas.

### 6.5 Mapa referencial con rangos de velocidad entre los 50 y 90 km/h

La representación gráfica presentada en la figura 33 delinea en tonalidad marrón las rutas por las cuales los conductores han circulado dentro de la ciudad a velocidades comprendidas en el rango de 50 a 90 km/h. Se llevará a cabo un análisis detallado de las áreas escolares y las intersecciones consideradas vulnerables, dado que, a esta velocidad, la distancia de frenado experimenta un aumento significativo, afectando la capacidad de respuesta del conductor y generando situaciones subóptimas para evitar atropellos o colisiones.

**Figura 33**

*Trayectorias con indicadores cuando la velocidad está entre 50 y 90 km/h*



*Nota:* La representación visual exhibe las trayectorias con marcadores correspondientes a velocidades comprendidas entre 50 y 90 km/h.

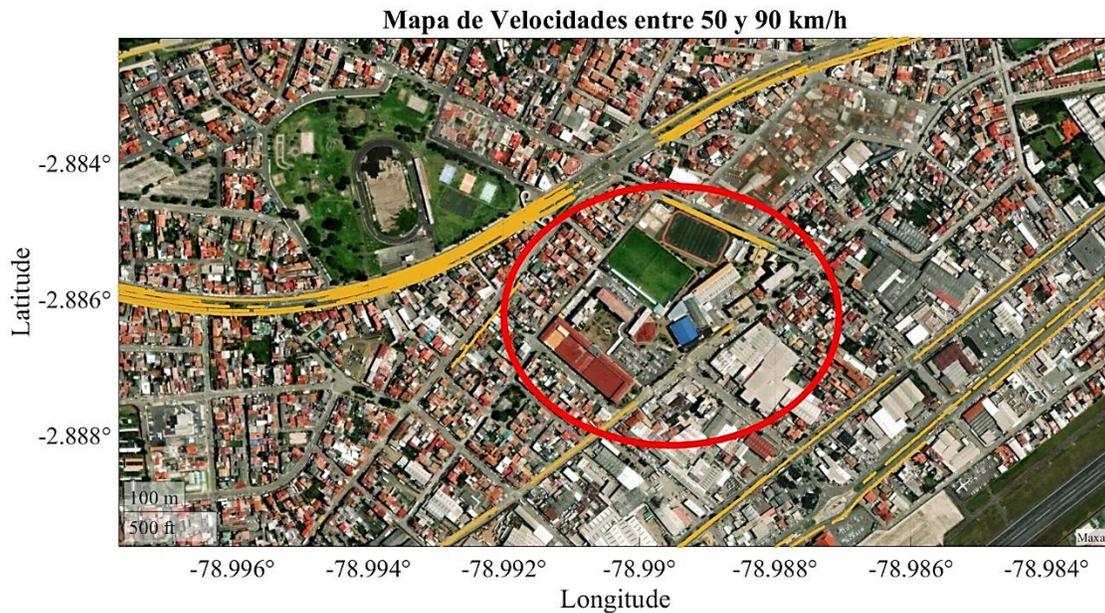
## 6.5.1 Zonas universitarias vulnerables

### 6.5.1.1 Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca

En la representación gráfica proporcionada en la figura 34, se evidencia la infracción del límite de velocidad establecido en las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. Considerando el contexto temporal en el cual se desarrolló la ruta, aproximadamente alrededor de las 10:55 am, se infiere que el vehículo en cuestión constituye un riesgo significativo. Este análisis se basa en la dinámica horaria de la universidad, caracterizada por clases con una duración típica de 2 horas, lo que genera una mayor afluencia de estudiantes en comparación con las instituciones educativas que siguen una o dos jornadas completas al día.

#### Figura 34

*Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca*



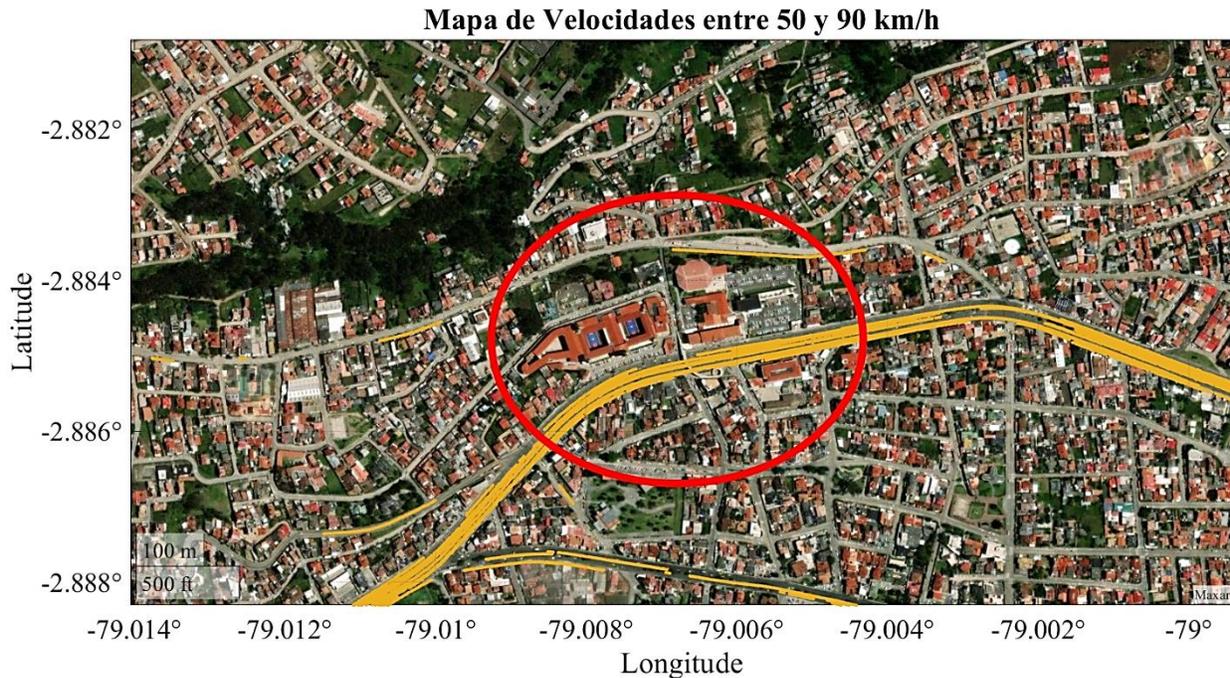
*Nota:* La gráfica ofrece un panorama de las vías adyacentes a la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. En este entorno, se constata la presencia de vehículos circulando a velocidades que exceden los límites establecidos para la zona.

### 6.5.1.2 Universidad Católica de Cuenca

En la representación gráfica presentada en la figura 35, se constata la transgresión del límite de velocidad establecido en las cercanías de la Universidad Católica de Cuenca. Considerando el contexto temporal en el cual se llevó a cabo la ruta, aproximadamente alrededor de las 01:55 pm, se deduce que el vehículo en cuestión representa un riesgo significativo. Este análisis se fundamenta en la dinámica horaria de la universidad, donde las clases suelen tener una duración de 2 horas, generando una mayor afluencia de estudiantes en comparación con las instituciones educativas que tienen una o dos jornadas completas al día.

**Figura 35**

*Universidad Católica de Cuenca*



*Nota:* La representación visual proporciona una visión detallada de las vías que rodean la Universidad Católica de Cuenca. Se observa la existencia de vehículos transitando a velocidades que superan los límites predefinidos para esa área en particular.

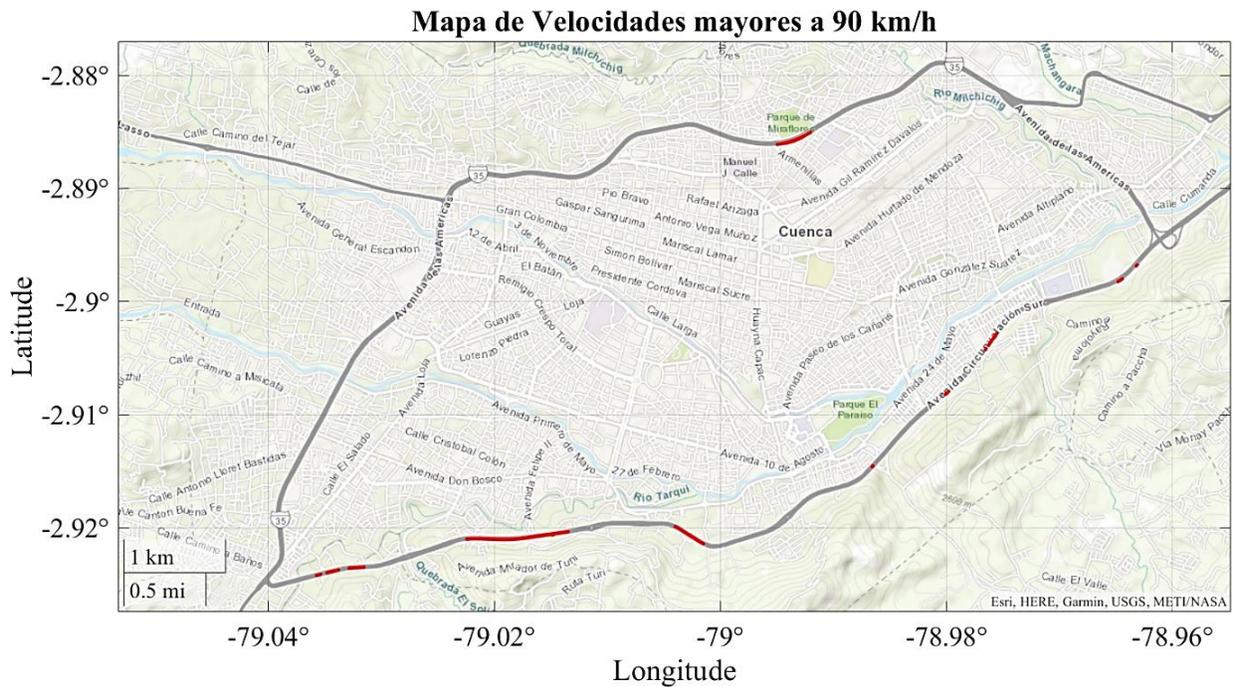
Las restantes instituciones universitarias exhiben un grado de riesgo mínimo, ya que la velocidad de desplazamiento se mantiene dentro de los límites establecidos. Estos datos resaltan la adopción de medidas orientadas a la seguridad por parte de los conductores en la mayoría de las áreas educativas, lo cual contribuye a mitigar la posibilidad de incidentes. No obstante, es relevante destacar que la observancia positiva de las normativas de velocidad podría estar influenciada por las condiciones particulares de la infraestructura vial y el entorno circundante a dichas instituciones académicas.

### **6.6 Mapa referencial con rangos de velocidad mayores a 90 km/h**

La representación gráfica número 36 resalta las rutas seguidas por los conductores a velocidades que superan los 90 km/h. Se evidencia que se excede el límite de velocidad en las vías designadas como perimetrales y rectas en carretera; no obstante, se observan instancias específicas en las que los conductores rebasan la velocidad límite. Esta variación puede atribuirse a la circulación por esas vías en momentos distintos a las horas pico de la ciudad, lo cual podría explicar las discrepancias en los datos de velocidad registrados.

**Figura 36**

*Trayectorias con indicadores cuando la velocidad es mayor a 90 km/h*



*Nota.* La grafica exhibe las trayectorias con marcadores correspondientes a velocidades mayores a 90 km/h.

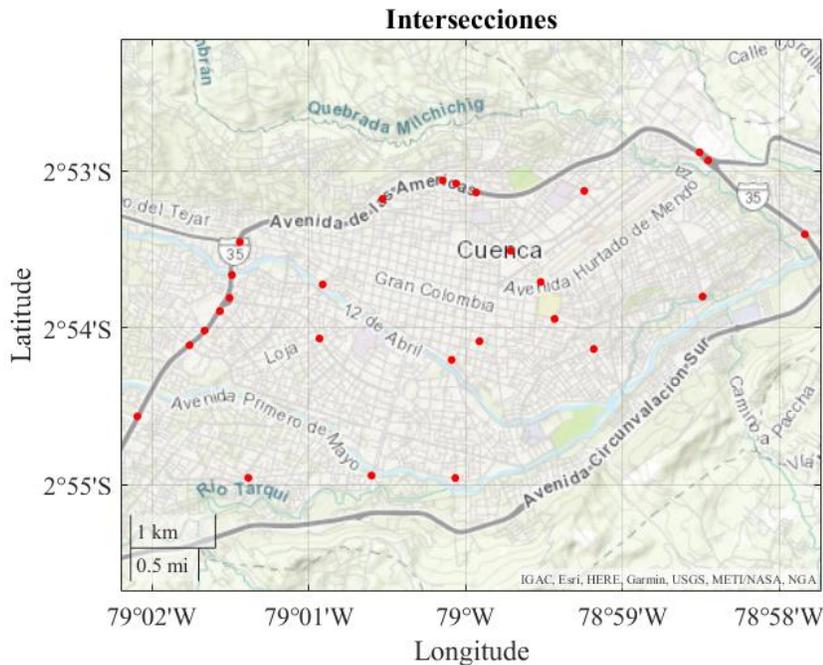
Las demás instituciones universitarias presentan un nivel de riesgo insignificante, ya que la velocidad de desplazamiento se mantiene dentro de los límites preestablecidos. Estos datos subrayan la implementación de medidas enfocadas en la seguridad por parte de los conductores en la mayoría de las zonas educativas, contribuyendo así a reducir la probabilidad de incidentes. No obstante, es esencial resaltar que la adherencia positiva a las normativas de velocidad puede estar condicionada por las características específicas de la infraestructura vial y el entorno adyacente a dichas instituciones académicas.

## 6.7 Intersecciones más vulnerables en los años 2016 a 2019

En la figura 37 se aprecia las intersecciones con mayor índice de accidentes ocurridos desde el año 2016 hasta el año 2019, lo destacable de la figura es que la mayor concentración de accidentes sucede en las intersecciones de la Av. de las Américas, las cuales se detallan a continuación de la figura; lo cual conlleva a realizar un análisis en los sectores concurrentes de accidentes y determinar si la velocidad es un factor primordial para la ocurrencia de estos.

### Figura 37

*Intersecciones con un índice alto de accidentes de tránsito desde el año 2016 hasta el 2021*



*Nota.* La imagen representa información sobre las intersecciones que han experimentado la mayor incidencia de accidentes, detallando un análisis que comprende el período comprendido entre 2016 y 2021.

Lista de intersecciones destacadas en la figura 37, que abarcan, intersecciones viales, convergencias, esquinas viales y otros elementos urbanos y de transporte.

1. Av. De Las Americas Y Av. Octavio Chacon Moscoso
2. Av. De Las Americas Y Av. Turuhuaico
3. Av. De Las Americas Y Av. Abelardo J. Andrade
4. Av. De Las Americas Y Av. Del Chofer
5. Av. De Las Americas Y Av. Remigio Crespo
6. Av. Gonzalez Suarez Y Av. Los Andes
7. Av. Nuñez De Bonilla Y Calle Sebastian De Benalcazar
8. Calle Larga Y Calle Alfonso Jerves
9. Av. Remigio Crespo Toral Y Av. Loja
10. Av. De Las Americas Y Calle Carlos Arizaga Vega
11. Av. 27 De Febrero Y Calle Fracisco Moscoso
12. Av. Heroes De Verdeloma Y Av. Gil Ramirez Davalos
13. Av. De Las Americas Y Av. Ricardo Duran
14. Av. Don Bosco Y Av. 12 De Octubre
15. Paseo 3 De Noviembre Y Calle Simon Bolivar
16. Av. De Las Americas Y Av. Gran Colombia
17. Av. Gonzalez Suarez Y Calle Guapondelig
18. Av. Solano, Primero De Mayo Y Av. Don Bosco
19. Av. Paseo De Los Cañaris Y Calle Camilo Egas
20. Av. De Las Americas Y Av. España
21. Av. De Las Americas Y Calle Luis Moscoso

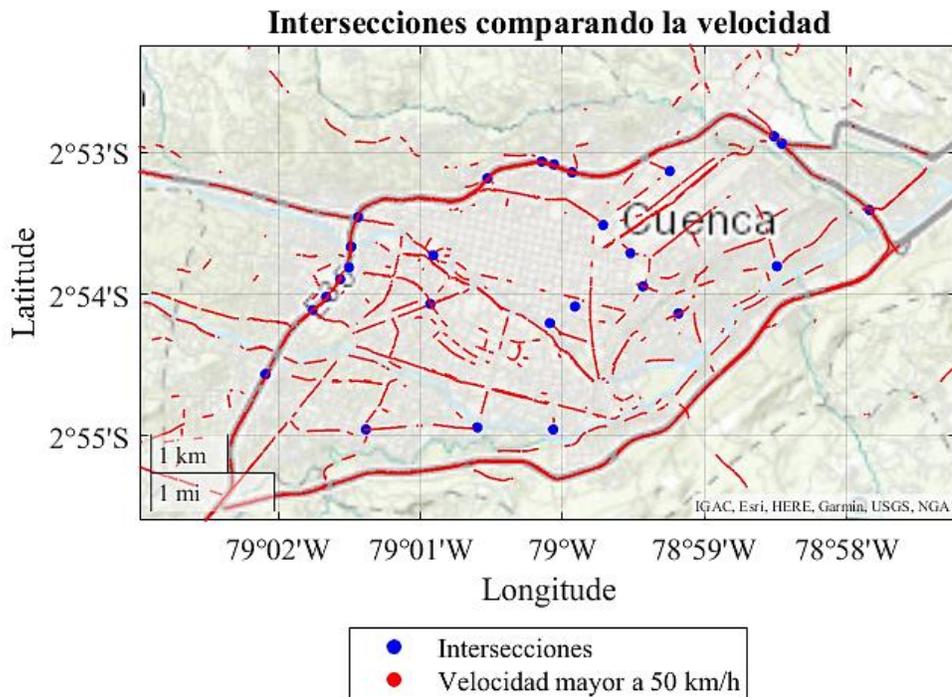
22. Av. De Las Americas Y Calle Mariano Cueva
23. Av. De Las Americas Y Av. Gonzalez Suarez
24. Calle Vieja Y Av. Turuhuaico
25. Calle Juan Jaramillo Y Calle Manuel Vega
26. Av. De Las Americas Y Av. Mexico
27. Av. De Las Americas Y Calle Amazonas

### **6.8 Mapa referencial comparando las intersecciones analizadas en los años 2016 al 2019 y comparando con la data recolectada**

La representación gráfica en la figura 38 destaca, con puntos de color azul, las intersecciones que han experimentado un incremento significativo en la incidencia de accidentes, abarcando el periodo comprendido entre los años 2016 y 2019. Simultáneamente, resalta con tonalidades rojas las trayectorias en las que la velocidad supera los 50 km/h. Con esto se compara la densidad con la cual circulan los vehículos en otros puntos de la ciudad y analizar los posibles accidentes que pueden suceder.

**Figura 38**

*Intersecciones comparadas con los datos recopilados*

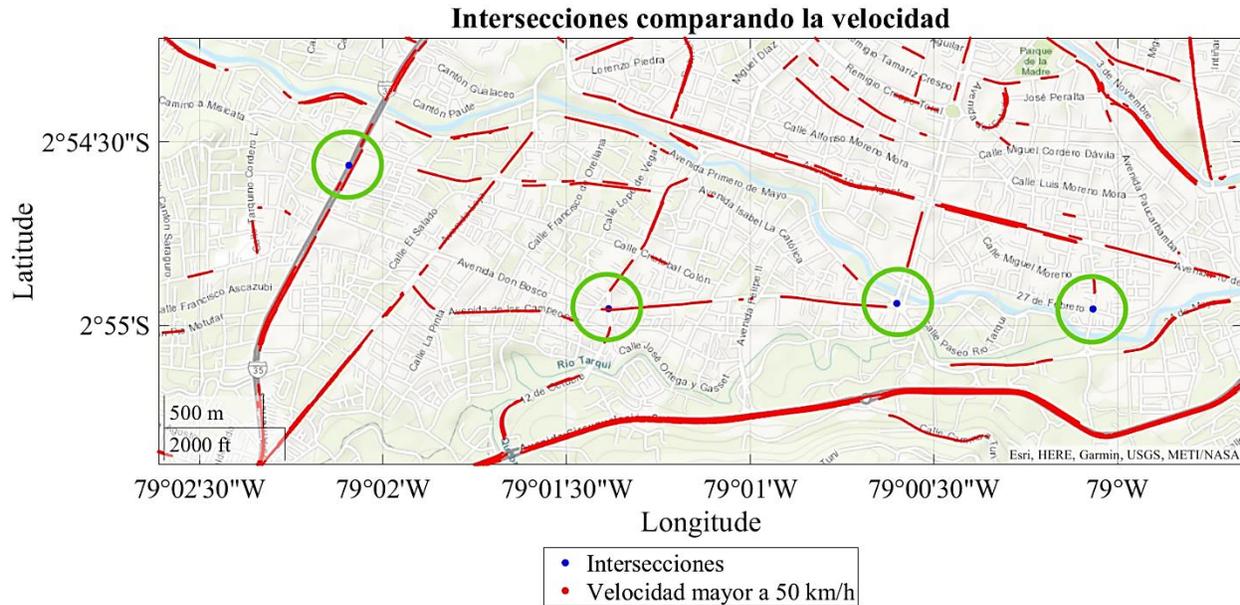


*Nota.* La imagen representa la comparación de las intersecciones con mayor índice de accidentes entre los años 2016 a 2019, y las trayectorias recorridas en exceso de velocidad.

Las intersecciones que han experimentado una disminución en la frecuencia de conductores que superan los límites de velocidad establecidos incluyen los siguientes cruces de vía.

**Figura 39**

*Intersecciones vs los datos recopilados*

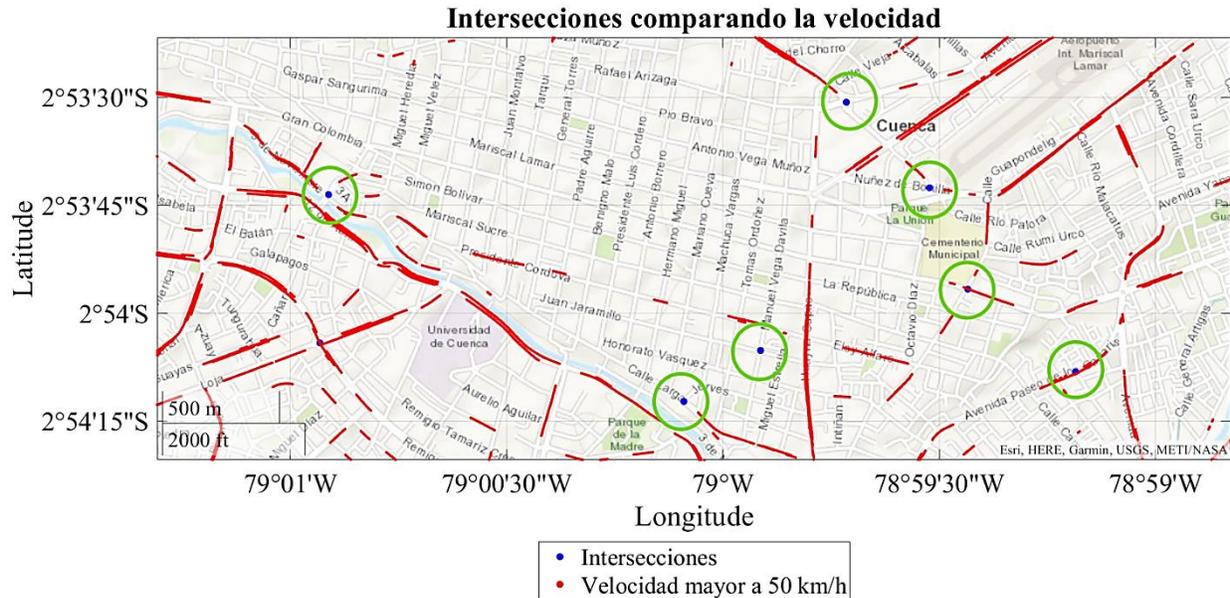


*Nota.* La representación gráfica muestra las cuatro intersecciones donde se ha registrado una disminución en la incidencia de conducir a velocidades superiores a las permitidas.

Las intersecciones ubicadas en Av. de las Américas y Luis Moscoso, Av. Don Bosco y 12 de octubre, Av. Don Bosco y Vicente Solano, así como en la Av. 27 de Febrero y Francisco Moscoso, evidencian una pronunciada disminución en la propensión de los conductores a sobrepasar los límites de velocidad establecidos. Se deduce que este decremento en la velocidad contribuirá de manera gradual a la reducción de incidencias de tránsito en dichas zonas. Este cambio positivo en el patrón de conducción podría generar un impacto sustancial en la seguridad vial, mitigando el riesgo de eventos no deseados y optimizando la fluidez del tráfico en estas intersecciones particulares.

**Figura 40**

*Intersecciones conflictivas vs los datos recopilados*



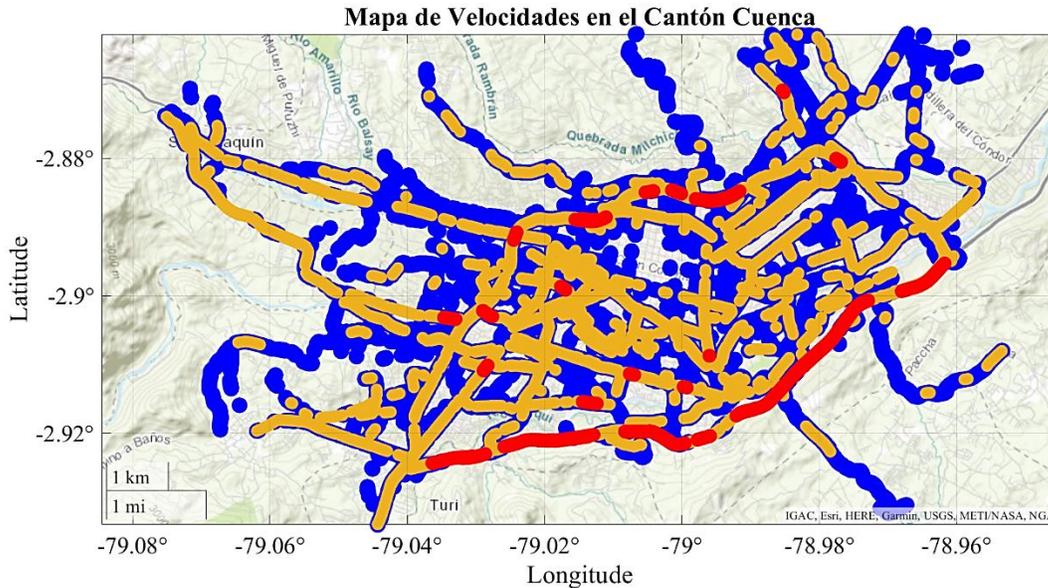
*Nota.* La representación visual proporciona una visión detallada de siete puntos de intersección, señalando una reducción notable en la frecuencia de conductores que transitan a velocidades superiores a las establecidas legalmente.

Las intersecciones situadas en la Av. 3 de Noviembre y la Simón Bolívar; la Calle Larga y Vargas Machuca; Av Juan Jaramillo y Manuel Vega Dávila; Av Gil Ramírez Davalos y Sebastián de Benalcázar; Av Núñez de Bonilla y Sebastián de Benalcázar; Av González Suarez y Guapondelig; Av Paseo de los Cañaris y Camilo Egas, revelan una marcada disminución en la inclinación de los conductores a superar los límites de velocidad preestablecidos. Se infiere que este decremento en la velocidad contribuirá progresivamente a la reducción de eventos de tránsito en dichas áreas. Este cambio positivo en el comportamiento de conducción podría tener un impacto sustancial en la seguridad vial, reduciendo el riesgo de eventos no deseados y optimizando la fluidez del tráfico en estas intersecciones específicas.

**6.9 Mapa de calor de la ciudad de Cuenca con todos los ciclos de conducción, destacando con diferentes tonalidades las velocidades de circulación**

**Figura 41**

*Mapa de calor de la ciudad de Cuenca*



*Nota.* La imagen representa en 3 tonalidades las velocidades de circulación en la ciudad de Cuenca.

La representación gráfica detallada de las velocidades de circulación en Cuenca, expresada mediante tres tonalidades distintas, proporciona una valiosa herramienta de análisis. En el rango visual, el tono azul delinea velocidades de 20 a 50 km/h, mientras que la tonalidad anaranjada refleja velocidades de 50 a 80 km/h, y el color rojo destaca velocidades superiores a 80 km/h. Este enfoque cromático emerge como un medio efectivo para examinar las diversas intensidades de tráfico en Cuenca, brindando una comprensión profunda de la dinámica vehicular urbana.

Las velocidades registradas pueden atribuirse a diversos factores. En áreas residenciales o zonas con límites de velocidad reducidos, es probable que predominen velocidades más moderadas, representadas en azul. Contrariamente, en arterias principales o autopistas, donde los

límites de velocidad suelen ser más altos, las tonalidades anaranjadas y rojas indican velocidades más elevadas. Un análisis metódico de estas variaciones cromáticas podría desvelar patrones de tráfico, normativas de velocidad, características de la infraestructura vial y condiciones ambientales que impactan en el comportamiento vehicular en la ciudad. Este enfoque permite un abordaje completo y perspicaz del panorama circulatorio en Cuenca.

## **CONCLUSIONES**

El desarrollo del primer capítulo ha proporcionado una definición precisa de los incidentes de tránsito, subrayando su naturaleza como eventos que involucran al menos un vehículo en movimiento en vías públicas o privadas, con ramificaciones que van desde lesiones corporales hasta daños materiales. Se ha destacado la importancia de estos eventos como desafíos para la salud pública y generadores de impactos económicos a una escala reducida. Además, se exploraron diversas categorías de incidentes, factores contribuyentes y fases cruciales, enfatizando la relevancia de la atención del conductor y su capacidad para tomar decisiones rápidas. Se analizaron causas subyacentes, como comportamientos de riesgo y condiciones adversas, así como la relación entre la velocidad y la gravedad de las colisiones. La seguridad vehicular, tanto pasiva como activa, fue examinada detalladamente, resaltando medidas preventivas y de mitigación de lesiones. En última instancia, la evaluación subrayó la importancia fundamental de la educación vial y la consciencia del conductor como elementos esenciales para prevenir incidentes y mejorar la seguridad en las vías, abogando por un enfoque integral que incluya la atención, la prevención y la implementación de tecnologías de seguridad en los vehículos.

Además, el proyecto se distingue por su enfoque metódico en la recopilación, análisis y evaluación de datos relacionados con la conducción en áreas específicas de Cuenca, empleando

parámetros PID y herramientas de ingeniería avanzada. La metodología aplicada incorpora el uso del dispositivo Freematics ONE+ para la recolección y procesamiento de datos, estableciendo conexión con el puerto OBD II y recabando información crucial sobre el rendimiento vehicular. La representación visual de datos a través de Matlab® facilita la creación de rutas, la clasificación detallada de la velocidad de circulación y el análisis de las trayectorias recorridas, todo ello en concordancia con los límites legales establecidos. La segmentación de trayectos basada en rangos de velocidad y la evaluación de áreas críticas, como las zonas escolares, proporcionan percepciones valiosas sobre patrones de conducción con posibles impactos significativos en la seguridad vial.

La inclusión de una variedad de vehículos en el estudio, con información detallada sobre su masa, coeficientes aerodinámicos y resistencia a la rodadura, enriquece el análisis y contribuye a obtener conclusiones de mayor precisión. Asimismo, la ejecución del cálculo de la distancia de frenado promedio para todos los vehículos, mediante Matlab®, añade un componente esencial al análisis de áreas donde la velocidad y la capacidad de frenado desempeñan un papel crítico.

En resumen, el proyecto presenta un enfoque meticuloso y estructurado para la evaluación de la dinámica de desplazamiento en el cantón Cuenca. La consolidación de los ciclos de conducción posibilita la identificación de sectores con una mayor propensión a sufrir incidentes de tráfico, mediante la aplicación de indicadores de velocidad para la categorización y representación gráfica de patrones asociados al acto de conducir.

El análisis específico de áreas educativas desvela infracciones significativas a los límites de velocidad establecidos, resaltando instituciones como la Unidad Educativa del Milenio Francisco Febres Cordero, Unidad Educativa Técnico Salesiano, Unidad Educativa Bilingüe Interamericana y Unidad Educativa Sagrados Corazones.

La evaluación de velocidades en intervalos específicos proporciona datos cruciales sobre áreas de riesgo, especialmente en zonas universitarias y arterias perimetrales. La identificación de intersecciones con elevados índices de accidentes entre 2016 y 2019, contrastada con la información contemporánea, resalta transformaciones positivas en los patrones de velocidad, insinuando una posible contribución a la disminución de incidentes.

Desde un enfoque general, el proyecto proporciona una evaluación integral de la seguridad vial en el contexto de Cuenca, destacando sectores de importancia crítica, perfiles de velocidad y ajustes en la conducta de conducción. Estos aspectos pueden considerarse como elementos fundamentales que podrían servir como base para la instauración de medidas preventivas y para optimizar la seguridad en las infraestructuras viales.

## **RECOMENDACIONES**

Se formula la sugerencia de diversificar y ampliar la inclusión de diversas categorías de vehículos en investigaciones futuras, con la finalidad de obtener análisis más detallados y precisos. La incorporación minuciosa de datos relacionados con la masa, coeficientes aerodinámicos y resistencia a la rodadura de una amplia variedad de vehículos contribuye de manera significativa a enriquecer el análisis. Asimismo, se alienta a explorar tecnologías avanzadas para la captura y procesamiento de datos, junto con la consideración de la integración de parámetros adicionales que puedan proporcionar una comprensión más profunda de los patrones de conducción y los factores de riesgo en el cantón Cuenca.

En una misma línea, se propone fortalecer las estrategias dirigidas a la promoción de la educación vial y la conciencia del conductor, considerándolas como elementos fundamentales en la mitigación de incidentes de tráfico. Dada la sobresaliente importancia asignada en el proyecto a la correlación entre la velocidad vehicular y la gravedad de las colisiones, se aboga por un enfoque integral que englobe la atención del conductor, medidas preventivas y la implementación de tecnologías avanzadas de seguridad en los vehículos como componentes esenciales para el mejoramiento de la seguridad vial. Se sugiere la colaboración estrecha con entidades educativas y autoridades de tránsito con el fin de implementar programas educativos especializados que se centren en la toma de decisiones eficientes y seguras por parte de los conductores.

## BIBLIOGRAFÍA

Achachi, C., Renato, E., Chicaiza, G., Alexis, J., Clavijo, I. C., & Trajano, J. (2022). *Estudio de los sistemas de seguridad activa y pasiva de vehículos automotores categoría M, N y O, subclases M3, N1, N2, N3, O1, O2, O3 Y O4 de acuerdo a las Normas establecidas por Servicio Ecuatoriano De Normalización (INEN) Carátula.*

Astudillo, M. O. (2010). Tecnología del automóvil. Ediciones Paraninfo, SA.

Barrera Sánchez, E., & Pazmiño Mahi, R. (2020). Determinación De Las Principales Causas De Accidentes De Tránsito En El Ecuador Desde El 2016 Hasta 2018. KneEngineering. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6272>

Baskar, N. (27 de enero de 2023). Obtenido de Dominar las técnicas de modelado de airbags de FEA: el concepto y los desafíos: <https://skill-lync.com/blogs/technical-blogs/design-mastering-fea-airbag-modeling-techniques-the-concept-and-challenges>

Berrio, M. L. (9 de 7 de 2018). Conductor Ejemplar. Obtenido de Campo de visión según el nivel de velocidad del vehículo: <https://blog.andina.com.co/campo-de-vision-segun-el-nivel-de-velocidad/>

BOSCH. (2018). Sistemas de Frenos.

Coello, I. (2018). DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENADO DE UN AUTOMÓVIL. CÁLCULO DE LA GEOMETRÍA, MATERIALES, ENERGÍA DISIPADA, PAR DE FRENADO, FUERZAS DE ACCIONAMIENTO Y CIRCUITO HIDRÁULICO.

Costas, J. (11 de noviembre de 2008). CIRCULA SEGURO. Obtenido de Reposacabezas activo, ¿cuál es su ventaja?: <https://www.circulaseguro.com/reposacabezas-activo-cual-es-su-ventaja/>

DERCO CENTER. (9 de junio de 2022). ¿Qué es el ESP y cómo funciona? Obtenido de <https://www.dercocenter.cl/noticias/que-es-el-esp-y-como-funciona>

Equipo PUGS/GAD Cuenca (CA). (2021). ANEXO 3: MAPAS NORMATIVOS.

Freematics. (2021). Obtenido de Freematics ONE+ Model A: [https://freematics.com/store/index.php?route=product/product&product\\_id=85](https://freematics.com/store/index.php?route=product/product&product_id=85)

INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ. (21 de enero de 2021). ESP Control de Estabilidad. Obtenido de ¿Qué es el Programa Electrónico de Estabilidad ESP y cómo funciona?: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-programa-electronico-de-estabilidad-esp-y-como-funciona/>

Jiménez, J. (2015). RO-DES. Obtenido de El sistema de alumbrado del vehículo: <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-alumbrado-del-coche-que-es/>

Lazo, D. P. (21 de noviembre de 2023). VOY MANEJANDO. Obtenido de La Importancia del Tránsito: Cómo Impacta en la Innovación Automotriz: <https://voymanejando.com/la-importancia-de-la-carroceria-deformable/>

Martín, J. (2010). MODELADO DE DIFERENTES TIPOS DE CINTURONES DE SEGURIDAD Y ESTUDIO DE SU EFECTO EN CASO DE COLISIÓN FRONTAL MEDIANTE LS-DYNA.

Matamoros Hidalgo, G. (2008). ELEMENTOS QUE PARTICIPAN EN LA INCIDENCIA DE ACCIDENTES DE TRANSITO.

Molero, F. (2022). SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA, IMPLICACIÓN EN LA SEGURIDAD VIAL Y SANCIONES.

Muñoz Rodríguez, M. J. (2013). *EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES VISUALES PERIFÉRICAS ADQUIRIDAS CON LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS.*

Mecánica Automotriz. (15 de mayo de 2023). MotoresAuto. Obtenido de La Dirección Hidráulica. *Cómo Funciona, Tipos, Partes:* <https://www.motoresauto.com/direccion-hidraulica/>

Organización Panamericana de la Salud. (2017). *Hoja-informativa-velocidad-siniestros.*

Otero, A. (21 de junio de 2022). Motor Pasión. Obtenido de La DGT recuerda que el reposacabezas no es para apoyar la cabeza, sino para prevenir lesiones: <https://www.motorpasion.com/seguridad/dgt-recuerda-que-reposacabezas-no-para-apoyar-cabeza-sino-para-prevenir-lesiones>

RACE. (2006). *Iluminación del automóvil y seguridad vial.*

Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. (2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL.* [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

Robles, J. (2020). *Diagnóstico Y Servicio A Sistemas De Frenos ABS.*

Ruiz Ramos, J. A. (2014). *RECONSTRUCCIÓN DE HECHOS DE TRÁNSITO.*

Sola, E. M. (15 de 11 de 2022). Linked in. Obtenido de EL ACCIDENTE DE TRAFICO: CONCEPTO, CONSIDERACIONES, EVOLUCION DEL ACCIDENTE Y ESTUDIO TECNICO.: <https://es.linkedin.com/pulse/el-accidente-de-tr%C3%A1fico-a-d-p-c-i-criminolog%C3%ADa-investigaci%C3%B3n>

Telenchana, C. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS PARA EL PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIMI7.*

TRILER. (2019). *SISTEMAS DE FRENOS ELECTRONICOS ABS.*

Vázquez, D., José, V., Hernández Jiménez, R., Eliseo, M., Acevedo, C., Flores, O., Manuel De Jesús, C., Gallegos, F., Antonio, M., & Nochebuena, H. (2022). *Sistemas de frenos en vehículos de carretera, normativa y mecanismos de frenado automatizado.*

Venegas Toro, W. R. (2012). *ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS DE UN DISCO DE FRENO CON SISTEMA DE MORDAZA.*

Víctor Choquehuanca Vilca, Fresia Cárdenas García, Joel Collazos Carhuay, & Willington Mendoza Valladolid. (2010). *PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL PERÚ, 2005-2009.*

Viso, E. (17 de julio de 2020). ¿Qué es un airbag de cortina? Obtenido de <https://tecvolucion.com/que-es-un-airbag-de-cortina/>

VOLVO. (17 de octubre de 2022). ¿Qué es el airbag de cortina? Obtenido de <https://www.turismoslaraza.com/noticias/que-es-el-airbag-de-cortina/>

Wild, C. A. (23 de mayo de 2023). SISTEMA DE SUSPENSIÓN. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ChavarriaAguilarWild/1-sistema-de-suspensinpdf>