



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

**IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍAS CON LA MAYOR TASA DE ACCIDENTALIDAD  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE  
LAS SEÑALES PID'S OBTENIDAS A TRAVÉS DE OBD II**

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

**AUTORES:**

**ERICK ALEXANDER MESIAS ACURIO**

**FAUSTO JAVIER GUTIÉRREZ PERALTA**

**TUTOR:**

**JUAN JOSÉ MOLINA CAMPOVERDE**

Quito – Ecuador  
2024

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

Nosotros, Erick Alexander Mesias Acurio con documento de identificación N° 1724703689 y Fausto Javier Gutiérrez Peralta con documento de identificación N° 1722419742 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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.

Quito, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Erick Alexander Mesias Acurio  
1724703689



---

Fausto Javier Gutiérrez Peralta  
1722419742

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

Yo Erick Alexander Mesias Acurio con documento de identificación N° 1724703689 y Fausto Javier Gutiérrez Peralta con documento de identificación N° 1722419742, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Identificación de las vías con la mayor tasa de accidentalidad en el Distrito Metropolitano de Quito a través del análisis de las señales PID’s obtenidas a través de OBD II”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Erick Alexander Mesias Acurio  
1724703689



---

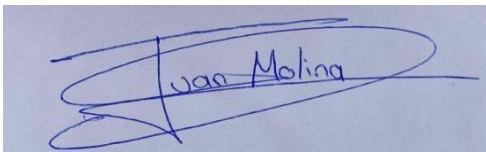
Fausto Javier Gutierrez Peralta  
1722419742

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Juan José Molina Campoverde con documento de identificación N° número de cédula del docente, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍAS CON LA MAYOR TASA DE ACCIDENTALIDAD EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES PID'S OBTENIDAS A TRAVÉS DE OBD II, realizado por Erick Alexander Mesias Acurio con documento de identificación N° 1724703689 y por Fausto Javier Gutiérrez Peralta con documento de identificación N° 1722419742, 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.

Quito, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Juan Molina", is written over a light blue rectangular background.

---

Ing. Juan José Molina Campoverde, MSc.

0105819841

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres, Laura y Edgar, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la base de todos mis logros. Gracias por creer siempre en mí, incluso en los momentos de duda, y por inculcarme los valores del esfuerzo y la perseverancia. Su ejemplo de dedicación y fortaleza ha sido mi guía, y sin su respaldo, este logro no hubiera sido posible.

A mis hermanos, Cristian y Mauricio, por ser mis primeros amigos y mis constantes animadores. Su compañía, su humor, y su inquebrantable confianza en mí han hecho que cada desafío sea más llevadero. Gracias por recordarme siempre que la familia es el mayor tesoro que uno puede tener y por estar presentes en cada paso de este viaje.

Mesias Erick

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres, quienes han sido mi pilar a lo largo de esta travesía académica.

A mi madre Sayra, por su amor incondicional, su sabiduría y su constante apoyo. Gracias por estar siempre a mi lado, por sus consejos llenos de cariño y por su paciencia en cada momento de dificultad. su fortaleza y dedicación han sido una fuente inagotable de inspiración.

A mi padre Javier, por su fortaleza, su perseverancia, y su fe inquebrantable en mis capacidades. Gracias por sus palabras de aliento, por su ejemplo de trabajo duro, y por su apoyo constante. su confianza en mí ha sido fundamental para superar cada desafío y alcanzar este logro.

Este trabajo es un reflejo de su amor, sacrificio, y apoyo. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible. Con todo mi cariño y gratitud, les dedico este logro

Gutiérrez Fausto

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a tres personas que han sido fundamentales en la realización de esta tesis.

A mis padres, cuyo amor, apoyo incondicional y sabiduría han sido la piedra angular de mi formación personal y académica. Gracias por creer en mí y por darme las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos de la vida con valentía y determinación.

A mi tutor Juan Molina, cuyo conocimiento, guía y paciencia fueron esenciales para la culminación de este trabajo. Su dedicación y compromiso no solo enriquecieron mi experiencia académica, sino que también me inspiraron a alcanzar nuevas metas.

Mesias Erick

Quiero agradecer a mis padres, Sayra y Javier, cuya dedicación, amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en la culminación de esta tesis.

A mi madre, Sayra, por su sabiduría, paciencia y el ejemplo de fortaleza que me ha guiado a lo largo de mi vida académica. sus consejos y ánimo me han inspirado a superar cada desafío con determinación y optimismo. Gracias por creer en mí y por enseñarme que el esfuerzo y la perseverancia son la clave del éxito.

A mi padre, Javier, por su constante apoyo y fe en mis capacidades. su interés genuino en mi formación y su disposición para escucharme y ofrecerme soluciones han sido un pilar en mi vida. Agradezco el esfuerzo y las innumerables horas que ha dedicado para que yo tuviera todo lo necesario para alcanzar mis metas.

Ambos me han mostrado el valor del esfuerzo y la dedicación. Sin su apoyo, orientación y amor, este logro no habría sido posible. Esta tesis es un reflejo de todo lo que me han enseñado y de su incansable compromiso con mi educación y bienestar.

Gutiérrez Fausto

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| INDICE GENERAL                                                           |    |
| RESUMEN .....                                                            | 1  |
| ABSTRACT .....                                                           | 3  |
| CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS GENERALES                                        |    |
| 1.1 Introducción.....                                                    | 4  |
| 1.2 Antecedentes.....                                                    | 5  |
| 1.3 Justificación.....                                                   | 6  |
| 1.4 Objetivos.....                                                       | 7  |
| 1.4.1 Objetivo General.....                                              | 7  |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....                                         | 7  |
| 1.5 Problema.....                                                        | 7  |
| 1.5.1 Descripción del Problema.....                                      | 5  |
| 1.6 Alcance .....                                                        | 10 |
| 1.7 Delimitación del Problema.....                                       | 10 |
| CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES                                        |    |
| 2.1 Sistema Diagnóstico (OBD I) .....                                    | 12 |
| 2.2 Sistema Diagnóstico (OBD II) .....                                   | 12 |
| 2.2.1 Información.....                                                   | 12 |
| 2.2.2 Descripción.....                                                   | 12 |
| 2.2.3 Conexión en la ECU.....                                            | 13 |
| 2.2.4 Tipos de Medición.....                                             | 14 |
| 2.3 Vehículo Experimental para el Proyecto .....                         | 14 |
| 2.4 Proceso de obtención de datos.....                                   | 17 |
| 2.5 Proceso de Configuración y Uso del Dispositivo Freematics ONE+ ..... | 18 |
| CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LAS SEÑALES                                    |    |
| 3.1 Identificación de las Señales del Vehículo .....                     | 21 |
| 3.2 Descripción de los Sensores .....                                    | 21 |
| 3.3 Extracción de Características.....                                   | 23 |
| 3.3.1 Ecuación Derivada de la Velocidad sobre el Tiempo .....            | 20 |
| 3.3.2 Escalones de Velocidad.....                                        | 24 |
| 3.3.3 Límites de Velocidad.....                                          | 24 |
| 3.3.4 Trayectos Estudiados en la Actualidad... ..                        | 24 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS                     |    |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Tramos de la Ruta.....                                                          | 33 |
| 4.2 Cálculo de Curvatura en Puntos Críticos de la Ruta.....                         | 33 |
| 4.3 Cálculo de Radio de Curvatura .....                                             | 33 |
| 4.4 Prueba del Radio de Curvatura.....                                              | 33 |
| 4.4.1 Tramos Críticos Identificados en las Avenidas más Transcurridas de Quito..... | 34 |
| 4.5 Cálculo de la Velocidad de Derrape .....                                        | 36 |
| 4.6 Cálculo de la Velocidad de Vuelco.....                                          | 37 |
| 4.7 Limitación de Velocidades Vld y Vlv en los Trayectos .....                      | 37 |
| 4.7.1 Primer Trayecto Identificado en Avenida Simón Bolívar Sentido N-S .....       | 37 |
| 4.7.2 Segundo Trayecto Identificado en Avenida Simón Bolívar Sentido S-N .....      | 38 |
| 4.7.3 Tercer Trayecto Identificado en Avenida Mariscal Sucre Sentido S-N.....       | 39 |
| 4.8 Cálculo de la Distancia de Frenado .....                                        | 39 |
| CONCLUSIONES.....                                                                   | 43 |
| RECOMENDACIONES .....                                                               | 45 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                    | 46 |
| ANEXOS .....                                                                        | 48 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1: Mapa general de Quito.....                              | 11 |
| Figura 2.1: Diagrama OBD II.....                                    | 13 |
| Figura 2.2: Vehículo utilizado para pruebas .....                   | 15 |
| Figura 2.3: Vista frontal del vehículo a prueba.....                | 16 |
| Figura 2.4: Vista posterior del vehículo a prueba.....              | 16 |
| Figura 2.5: Vista lateral del vehículo a prueba.....                | 17 |
| Figura 2.6: Vista superior del vehículo a prueba.....               | 17 |
| Figura 2.7: Freematic ONE PLUS.....                                 | 18 |
| Figura 3.1: Sensor VSS.....                                         | 21 |
| Figura 3.2: NTC.....                                                | 21 |
| Figura 3.3: Sensor IAT .....                                        | 22 |
| Figura 3.4: Sensor MAP .....                                        | 22 |
| Figura 3.5: Sensor O2... ..                                         | 23 |
| Figura 3.6: TPS .....                                               | 23 |
| Figura 3.7: Velocidad y aceleración Simón Bolívar sentido N-S ..... | 25 |



|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.8: Diagrama de RPM Simón Bolívar sentido N-S.....                               | 26 |
| Figura 3.9: Trayecto Forestal-Tambillo.....                                              | 27 |
| Figura 3.10: Velocidad y aceleración Simón Bolívar sentido S-N.....                      | 27 |
| Figura 3.11: Diagrama de RPM Simón Bolívar sentido S-N.....                              | 28 |
| Figura 3.12: Trayecto Desvío Valles - Redondel de Zambisa .....                          | 29 |
| Figura 3.13: Velocidad y aceleración Mariscal Sucre en sentido S-N .....                 | 30 |
| Figura 3.14: Diagrama de RPM Simón Bolívar sentido S-N .....                             | 31 |
| Figura 3.15: Trayecto Mariscal Sucre en sentido S-N .....                                | 32 |
| Figura 4.1: Tramo crítico identificado en la Simón Bolívar sentido N-S.....              | 34 |
| Figura 4.2: Primer tramo crítico avenida Simón Bolívar sentido S-N .....                 | 35 |
| Figura 4.3: Segundo tramo crítico avenida Simón Bolívar sentido S-N .....                | 35 |
| Figura 4.4: Tramo crítico avenida Mariscal Sucre sentido S-N.....                        | 36 |
| Figura 4.5: Velocidad máxima sometida al vehículo primera ruta.....                      | 37 |
| Figura 4.6: Velocidad máxima sometida al vehículo segunda ruta.....                      | 38 |
| Figura 4.7: Velocidad máxima sometida al vehículo tercer ruta.....                       | 39 |
| Figura 4.8: Diagrama distancia de frenado en la avenida Simón Bolívar sentido N-S .....  | 40 |
| Figura 4.9: Diagrama distancia de frenado en la avenida Simón Bolívar sentido S-N... ..  | 41 |
| Figura 4.10: Diagrama distancia de frenado en la avenida Mariscal Sucre sentido S-N..... | 41 |

## INDICE DE TABLA

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.1: Identificación de avenidas con más siniestros vehiculares .....                                                                 | 5  |
| Tabla 1.2: Crecimiento de población y las victimas ocasionadas por accidentes vehiculares en la capital en el transcurso de los años ..... | 6  |
| Tabla 1.3: Principales problemáticas en la conducción.....                                                                                 | 8  |
| Tabla 2.1: Ficha técnica Mazda 2021 .....                                                                                                  | 15 |
| Tabla 2.2: Dimensiones principales del vehículo a prueba .....                                                                             | 16 |
| Tabla 2.3: Especificaciones “Freematics ONE+” .....                                                                                        | 18 |
| Tabla 3.1: Sensores del vehículo .....                                                                                                     | 20 |
| Tabla 3.2: Límites de velocidad .....                                                                                                      | 24 |
| Tabla 3.3: Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 1er trayecto .....                                                     | 26 |
| Tabla 3.4: Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 2do trayecto .....                                                     | 29 |
| Tabla 3.5: Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 3er trayecto .....                                                     | 31 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 4.1: V <sub>ld</sub> y V <sub>lv</sub> en el primer trayecto .....  | 38 |
| Tabla 4.2: V <sub>ld</sub> y V <sub>lv</sub> en el segundo trayecto ..... | 38 |
| Tabla 4.3: V <sub>ld</sub> y V <sub>lv</sub> en el tercer trayecto .....  | 39 |

## ANEXOS

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1: Sistema GPS.....                                     | 48 |
| Anexo 2: Conexión Frematic ONE +.....                         | 49 |
| Anexo 3: Uso inalámbrico del sistema Frematic ONE + .....     | 50 |
| Anexo 4: Reconocimiento de rutas.....                         | 51 |
| Anexo 5: Primer accidente durante la obtención de datos.....  | 52 |
| Anexo 6: Segundo accidente durante la obtención de datos..... | 53 |

## RESUMEN

Se realiza la identificación de los tramos con mayor tasa de mortalidad en Pichincha, específicamente en la capital del Ecuador, Quito, utilizando antecedentes registrados en las carreteras y la recolección de datos detallados sobre las señales del comportamiento del vehículo sometido a condiciones normales de circulación. Se reconoce que las avenidas con mayor registro de siniestros son la Simón Bolívar sentido norte - sur desde La Forestal hasta el sector Tambillo; el tramo en sentido sur-norte desde el sector Desvío Intercambiador Valles hasta el Redondel de Zambiza; y, por último, el tramo comprendido en la Mariscal Sucre, en sentido sur-norte, desde El Tejar hasta el sector de San Carlos.

El índice de mortalidad debido a accidentes de tránsito ha aumentado de la mano con el crecimiento del parque automotriz a lo largo de los años, este incremento no solo refleja la mayor cantidad de vehículos en circulación, sino también la insuficiencia de las vías, siendo un fenómeno en los años de vida perdidos debido a accidentes de tránsito. Las velocidades máximas permitidas de tránsito se encuentran establecidos por la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Lamentablemente, dichas normativas se están infringiendo debido a la imprudencia de los conductores. Según los datos obtenidos en el proyecto, la mayoría de las vías son transitadas a velocidades superiores a 110 km/h, lo cual resulta peligroso en comparación con las velocidades máximas permitidas por la ley. Además, la buena topografía de las carreteras permite a los conductores alcanzar velocidades altas, incrementando así el riesgo de accidentes.

La aplicación de la dinámica longitudinal determina con precisión los valores requeridos para establecer la velocidad de derrape y vuelco antes de un posible siniestro, Estos cálculos considera factores como la gravedad, el radio, el coeficiente de adherencia neumática al suelo, la inclinación de la vía en grados, el peso, el coeficiente de resistencia aerodinámica, el coeficiente de masa giratoria, el coeficiente de resistencia y la fuerza de fricción. Mediante el análisis se obtiene el primer tramo con una máxima velocidad de derrape de 156.94 km/h y con una máxima velocidad de vuelco de 196.76 km/h, segundo tramo velocidad límite de derrape de 137.13 km/h y velocidad límite de vuelco de 171.93 km/h y finalmente el tercer tramo con una máxima velocidad de derrape de 112 km/h y con una máxima velocidad de vuelco de 140.42 km/h, para evitar siniestros inminentes.

**Palabras Claves:** Accidentabilidad, Señales PID, Tramos Críticos, Velocidad, Topografía, Freematics ONE+.

## **ABSTRACT**

The identification of sections with the highest mortality rates in Pichincha, specifically in the capital of Ecuador, Quito, is carried out using historical road data and detailed data collection on vehicle behavior under normal driving conditions. It is recognized that the avenues with the highest accident records are Simón Bolívar, in the north-south direction from La Forestal to the Tambillo sector; the south-north section from the Desvío Intercambiador Valles sector to the Redondel de Zambiza; and, finally, the section along Mariscal Sucre, in the south-north direction, from El Tejar to the San Carlos sector.

The mortality rate due to traffic accidents has increased along with the growth of the automotive fleet over the years. This increase not only reflects the higher number of vehicles in circulation but also the insufficiency of the roads, being a significant phenomenon in the years of life lost due to traffic accidents. The maximum permitted transit speeds are established by the Land Transport, Traffic, and Road Safety Law. Unfortunately, these regulations are being violated due to driver recklessness. According to the data obtained in the project, most roads are traveled at speeds exceeding 110 km/h, which is dangerous compared to the maximum permitted speeds by law. Additionally, the good topography of the roads allows drivers to reach high speeds, thus increasing the risk of accidents.

The application of longitudinal dynamics precisely determines the values required to establish skid and rollover speeds before a potential accident. These calculations consider factors such as gravity, radius, tire-road adhesion coefficient, road inclination in degrees, weight, aerodynamic resistance coefficient, gyroscopic mass coefficient, resistance coefficient, and friction force. Through analysis, the first section is obtained with a maximum skid speed of 156.94 km/h and a maximum rollover speed of 196.76 km/h; the second section with a skid limit speed of 137.13 km/h and a rollover limit speed of 171.93 km/h; and finally, the third section with a maximum skid speed of 112 km/h and a maximum rollover speed of 140.42 km/h, to avoid imminent accidents.

**Keywords:** Accident Rate, PID Signals, Critical Sections, Speed, Topography, Freematics ONE+.

## **CAPÍTULO I**

### **1. FUNDAMENTOS GENERALES**

#### **1.1 Introducción**

Los países desarrollados tienen vías de mayor accidentabilidad que sumado a factores como el estado del vehículo, condiciones climáticas, el tráfico y la infraestructura vial dan como resultado tasas mortales en ascenso lo cual es una problemática global, nacional y local, según la OMS reporta cada año, cifras aproximadamente de 1.19 millones de personas que murieron por accidentes vehiculares, que resulta la necesidad de implementar e identificar mejoras de seguridad vial en los puntos más concurrentes de la vía global, como también nacional y local (OMS, 2023). Ecuador no es la excepción, consta de vías que presentan una tasa elevada de accidentes con pérdidas mortales, según cifras de la ANT, en el año 2022 se presentó cifras de 21.739 siniestros, 19.006 lesionados y 2.202 fallecidos, en el 2023 cifras de 20.994 siniestros, 2.373 fallecidos y 18.605 lesionados y en el trimestre del año 2024 se registró 4.868 siniestros, 490 fallecidos y 4.189 lesionados (ANT, 2023).

A nivel local la capital de Ecuador destaca vías con una mala construcción topográfica y varios factores de riesgo que dan lugar al mayor número de siniestros viales, a continuación, se presentara un cuadro referencial con las avenidas con mayor tasa de accidentes, las causas y números exactos de siniestros según la ANT. Por lo tanto, la causa de muertes notable es la velocidad excesiva con un 65,56%, seguido de la invasión de carril durante la maniobra de adelantamiento con 23.33% y por último la pérdida de control del vehículo con un 11.11% (ANT, 2023).

A continuación, se presenta los factores principales de causas de siniestralidad en el Cantón Quito, identificando las vías, el año y el número de siniestros identificados.

**Tabla 1.1:** Identificación de avenidas con más siniestros vehiculares

**Fuente:** ANT (2023)

| <b>Avenidas</b>        | <b>Año</b> | <b>Número</b> | <b>Factores</b>                                                                                                                            |
|------------------------|------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Av. simón bolívar      | 2022       | 800           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alta velocidad</li><li>• Factores climáticos</li></ul>                                             |
| Av. panamericana (E35) | 2021       | 700           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Densidad de trafico</li><li>• Alta velocidad</li><li>• Presencia de vehículos pesados</li></ul>    |
| Av. mariscal sucre     | 2022       | 600           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Congestión vehicular</li><li>• Imprudencia conductores</li></ul>                                   |
| Av. Galo Plaza Lasso   | 2022       | 500           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alto flujo vehicular</li><li>• Zona comercial</li></ul>                                            |
| Av. Eloy Alfaro        | 2022       | 550           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alto flujo vehicular</li><li>• Paradas de transporte publico</li><li>• Cruces peatonales</li></ul> |
| Av. 6 de diciembre     | 2022       | 400           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Zona comercial densa</li><li>• Trafico del transporte publico</li></ul>                            |

Esta investigación desarrolla un estudio de identificación de las zonas con mayores incidentes de tránsito en la ciudad de Quito mediante la utilización de coordenadas por GPS, métodos y algoritmos, con el fin de identificar los tramos donde los vehículos de categoría M1 tienen más probabilidades de tener accidentes, siendo esta ciudad una de las tres ciudades con más accidentes del Ecuador (Primicias, 2024).

## **1.2 Antecedentes**

El aumento significativo de los vehículos en Quito y la creciente tasa de accidentes de tránsito presentan una problemática en el bienestar de los capitalinos, incrementando el tiempo de viaje y complicaciones económicas considerables, con una población que rodea los 2,000,000 de ciudadanos y un aumento en el número de vehículos, se ha vuelto una preocupación relevante para la ciudadanía y las autoridades, analizar los factores que comprenden los accidentes de tránsito es primordial para mejorar seguridad vial.

La topografía y la red vial de Quito, tiene avenidas principales, túneles, puentes y carreteras de circulación con fácil acceso en cada una de ellas, pero enfrentan problemas como la congestión y la falta de mantenimiento en sus carreteras.

Los estudios realizados posteriormente a este trabajo abordan datos comparativos con el fin de realizar diferentes soluciones basadas en el uso de transporte vehicular en años posteriores, por ejemplo (DMQ, 2024), habla sobre los factores de riesgo vehicular y propone acciones para reducir la incidencia de siniestros en la capital.

A continuación, se presenta el crecimiento de población y las victimas ocasionadas por accidentes vehiculares en la capital en el transcurso de los años.

**Tabla 1.2:** Crecimiento de población y las victimas ocasionadas por accidentes vehiculares en la capital en el transcurso de los años

| <b>Año</b>           | <b>Población</b> | <b>Accidentes De Tránsito En Quito</b> | <b>Fallecidos Por Accidentes De Transito</b> | <b>Lesionados Por Accidentes De Transito</b> |
|----------------------|------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2020                 | 1,873,763        | 2,874                                  | 250                                          | 11,421                                       |
| 2021                 | 1,900,571        | 2,931                                  | 234                                          | 12,482                                       |
| 2022                 | 1,928,296        | 3,341                                  | 257                                          | 12,998                                       |
| 2023                 | 1,957,000        | 3,816                                  | 285                                          | 18,604                                       |
| 2024<br>(ENERO-MAYO) | 1,986,667        | 781                                    | 98                                           | 851                                          |

**Fuentes:** (INEC, 2024); ANT (2020-2024)

### 1.3 Justificación

Se prioriza estudiar la accidentabilidad en el cantón Quito debido a la grave repercusión que los accidentes de tránsito tienen en la seguridad de la población. Los accidentes representan son la causa principal de lesiones y muertes evitables en áreas urbanas, además de generar costos económicos significativos relacionados con atención médica, reparación de infraestructura y pérdida de tiempo de la ciudadanía. Identificar las vías con alta tasa de accidentabilidad permite brindar información de gran ayuda para formular mejoras en la seguridad vial que contribuya a salvar vidas, reducir lesiones y mejorar el bienestar de los



ciudadanos, abordar esta problemática con datos basados en los últimos años con lleva aumentar la seguridad ciudadana logrando así una movilidad más segura y sostenible.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Identificar las vías con la mayor tasa de accidentalidad en el Distrito Metropolitano de Quito a través del análisis de las señales PID's obtenidas a través de OBD II.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar datos históricos de accidentes de tráfico en el Distrito Metropolitano de Quito para identificar las vías con mayor frecuencia de incidentes y evaluar la gravedad de estos.
- Implementar técnicas de análisis de señales PID's para detectar patrones y tendencias en el comportamiento del tráfico y su relación con la ocurrencia de accidentes en las vías identificadas.
- Identificar los tramos con mayor tasa de accidentabilidad en el Distrito Metropolitano de Quito.

## **1.5 Problema**

El Distrito Metropolitano de Quito ha tenido un crecimiento en su población y por ende en el sector automovilístico en las últimas décadas, este crecimiento ha traído consigo un aumento de los accidentes de tránsito que producen un gran número de tasas mortales que estimadas para el año 2030 serán la séptima causa de muertes en el mundo (OMS, 2023), el proyecto se centra en identificar dichas vías con la mayor tasa de accidentalidad, la falta de información sobre las condiciones de conducción y las condiciones de los vehículos en las vías de Quito dificultan la implementación de medidas preventivas y correctivas efectivas que ayudaran a los usuarios locales y turistas que las transitan diariamente, ya que son los principales beneficiarios en esta identificación de fallas topográficas y factores de riesgos presentes. Por lo tanto, el proyecto se enfoca en utilizar las señales de los Parámetros de Identificación obtenidas con el sistema OBD II, mediante el análisis de las señales de los PID's de los sensores del vehículo se obtiene el registro de datos obtenidos en las vías, para la identificación de los tramos con mayores accidentes de tránsito. Estas PID's proporcionan datos de las señales de los sensores sobre la ubicación, aceleración, cambios de marcha,

desaceleraciones bruscas, señalización deficiente, condiciones de la vía y comportamiento de los conductores como patrones de manejo que contribuyen a los accidentes en curvas pronunciadas de la capital (Néstor Diego Rivera Campoverde & Sc, 2023).

### 1.5.1 Descripción del problema

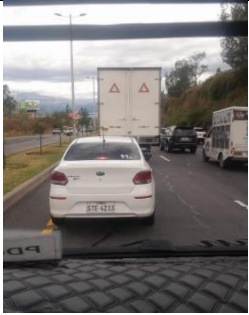
En el presente esos trayectos tienen como prioridad los automóviles que transitan consecutivamente y esto produce que las carreteras sean las principales en donde ocurren accidentes viales, es por esto que da como primer lugar por el uso de automóviles privados, en segundo lugar, a automóviles públicos y por último lugar el transporte comercial, por ende, se evalúa cada punto crítico de estos trayectos ya que se registran accidentes a diario (Abelardo Gárate Montalvo & Néstor Diego Rivera Campoverde, 2018).

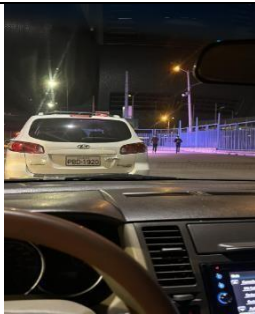
En lo cual se debe tomar en cuenta los accidentes que suceden a diario en los tramos estudiados, existen curvas que no cumplen con especificaciones que deben tener estas vías debido a su topográfica, por ende, estas vías dan lugar a cifras mayores de siniestros debido a las condiciones de curvas que tiene (Correa Ortiz, 2022).

A continuación, se detalla una tabla con las principales problemáticas que generan accidentes de tránsito.

**Tabla 1.3:** Principales problemáticas en la conducción

| Problemática                                                                                                                       | Imagen                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Consumo de bebidas alcohólicas, en lo cual la ANT registra accidentes en horas nocturnas mayormente los fines de semana.           |  |
| La conducción a altas velocidades en horas pico, los conductores manejan muy cerca del vehículo de adelante y se producen choques. |  |

|                                                                                                                                                        |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ejecución de maniobras sin respetar las normativas de tránsito.</p>                                                                                 |    |
| <p>Cambios violentos de carril, sin tomar en cuenta los vehículos en el otro sentido de la vía.</p>                                                    |    |
| <p>Incumplimiento de los límites de velocidad, los cuales son los siguientes:<br/>Liviano: 90 km/h<br/>Pesados: 70 km/h</p>                            |   |
| <p>Calzada mojada, incrementa los accidentes ya que los frenos y el estado de los neumáticos del vehículo no siempre están en óptimas condiciones.</p> |  |
| <p>Las curvas en esos trayectos son peligrosas topográficamente</p>                                                                                    |  |

|                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Los peatones no respetan la señalética o no utilizan los puentes peatonales al momento de cruzar la calle.</p>                                                                                    |  |
| <p>Los choferes no toman medidas preventivas cuando quieren estacionarse en vías rápidas o no prenden las luces de estacionamiento y no alertan a los otros conductores de reducir la velocidad.</p> |  |

**Fuentes:** Telégrafo (2016)

## 1.6 Alcance

El presente proyecto busca identificar las vías con alta tasa de accidentabilidad en Quito a través del análisis de las señales PID'S, las cuales nos proporcionan datos en tiempo real de varios sensores del vehículo, por lo cual se analiza los datos obtenidos de cada ruta, con el propósito de identificar los tramos de cada vía con mayor riesgo de accidentes y los puntos críticos topográficamente donde existen problemas no condicionales, los cuales deben ser rectificados.

Con los tramos definidos, se ejecutará la información de lo más principal de las vías y sus aspectos, en lo cual se debe identificar los factores que producen siniestros; y por último el análisis final permitirá la elaboración de un informe detallado de las vías, identificando los tramos más críticos donde se propone reducir los accidentes en la carretera de manera que contribuya a la seguridad vial ciudadana.

## 1.7 Delimitación del problema

El estudio se llevó a realizo en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito en las avenidas más transcurridas por capitalinos y turistas que visitan el cantón, en las cuales se buscó identificar los tramos con más accidentes viales registrados en la capital Quito que cuenta con una población con más de 15 millones de habitantes según la INEC y también con un total de 585.000 de vehículos registrados aproximadamente (INEC, 2024).

**Figura 1.1:** Mapa general de Quito



**Fuente:** (Google, 2024)

## **CAPITULO II**

### **MÉTODOS Y MATERIALES**

#### **2.1 Sistema diagnostico (OBD I)**

En la actualidad con la tecnología hay la facilidad para hacer un diagnóstico a un motor de combustión interna, el OBD su aparición tuvo en la década de los 60, con la modernización de los automotores que evolucionaron incluyendo en ellos sensores, actuadores para más confort a los usuarios. A comienzo de los 70 los vehículos cuentan con tecnología electrónica y fueron de gran evolución para diagnosticarlos fácilmente creados en América para reducir la contaminación, justamente para ser aprobados por la agencia de protección del medio ambiente.

No obstante, depende de cada fabricante los diferentes sistemas para diagnosticar a cada marca de vehículo. En 1979 la SAE, recomendó un sistema de conexión estándar y a su vez estandarizar un conjunto de pruebas para los diferentes diagnósticos automotrices. Antes del siglo XX se disponen una serie de requisitos nuevos para los OBD I con las siguientes características (Abelardo Gárate Montalvo & Néstor Diego Rivera Campoverde, 2018):

- Lámpara de fallos.
- Supervisión de factores contaminantes.
- Protocolos y conectores sin estandarizar.

#### **2.2 Sistema diagnostico (OBD II)**

##### **2.2.1 Información**

Desde 1996 los vehículos están equipados con el sistema OBD II debido a las alarmantes contaminaciones que cada vez se presentaban en la población en rápido crecimiento, por lo que el protocolo y los conectores recomendados por la SAE de datos fueron añadidos en la regularización y el gobierno americano exigió la añadidura del OBD II, a partir del año 2000 en vehículos a gasolina y en el 2003 a los de Diésel en la Unión europea (Ciencia, 2019).

##### **2.2.2 Descripción**

El sistema es encargado de analizar en cada segundo cada elemento que influye con la emisión de gases que ocasiona el funcionamiento del motor, además de establecer un correcto funcionamiento de los sensores del automóvil, por el cual reconoce los defectos

producidos mediante los sensores, este sistema presenta varias innovaciones en comparación con el OBD I, tales como (Ciencia, 2019):

- Capacidad para detectar fallos eléctricos o mecánicos
- Verificación del funcionamiento de cada sensor del vehículo.
- Almacenamiento de un registro y las condiciones que ocasiono los fallos.
- Uso de una conexión estándar para todos los vehículos.
- Implementación de un protocolo de datos estandarizado para todos los vehículos.

La ubicación de la conexión del OBD II en el vehículo es en la parte inferior del volante central.

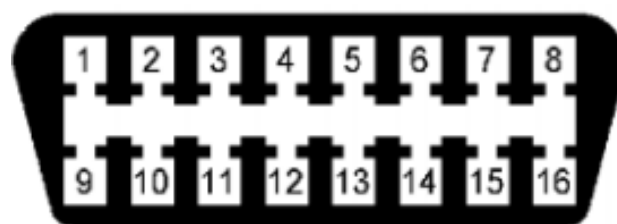
### 2.2.3 Conexión en la ECU

Para tener una conexión correcta entre la ECU y el OBD II existen 5 protocolos, que se detallan a continuación (Abelardo Gárate Montalvo & Néstor Diego Rivera Campoverde, 2018)

- ISO-9141 -2: Se encuentra en vehículos de procedencia asiática o europea.
- SAE-J1850 VPW: Su función está en un pulso variable y se encuentra en vehículos americanos.
- SAE-J1850-PWM: Su función está en módulo de ancho de pulso y se encuentra en vehículos americanos.
- KWP-1281 y KWP-2000: generalmente se encuentra en el grupo VAG.
- ISO-14230: este protocolo se encuentra en la marca Renault.

En la siguiente figura se muestra el diagrama OBD II

**Figura 2.1:** Diagrama OBD II



**Fuente:** (CONUEE, 2013)

Los pines del conector OBD II se detallan a continuación

|    |                    |     |            |
|----|--------------------|-----|------------|
| 1. | Pin libre          | 9.  | Pin libre. |
| 2. | BUS +              | 10. | BUS -      |
| 3. | Pin libre          | 11. | Pin libre. |
| 4. | Negativo (tierra)  | 12. | Pin libre  |
| 5. | Negativo (tierra). | 13. | Pin libre. |
| 6. | CAN High.          | 14. | CAN Low.   |
| 7. | Línea K.           | 15. | Línea L.   |
| 8. | Pin libre          | 16. | Batería +. |

#### **2.2.4 Tipos de medición**

Con respecto al sistema OBD II estandar para mayor parte de vehículos, nos permite obtener datos en tiempo real para la comprobación de motor y a su vez realizar la extracción de códigos de fallas y eliminarlos (CONUEE, 2013).

Estos datos se presentan de la siguiente forma:

- La captura de datos históricos obtenidos permite acceder a una instantánea de las emisiones producidas en el motor, por la computadora del vehículo cuando se registra una avería, proporcionando información sobre las condiciones que causaron esa falla.
- La opción de códigos de fallas almacenadas permite recuperar los códigos de fallas que fueron almacenadas en la computadora, conocidos como DTC, los cuales con la función de eliminar códigos DTC, pueden ser eliminados todos los códigos registrados.
- La prueba a bordo permite visualizar los resultados cada segundo en tiempo real, también, los códigos de fallas pendientes permiten visualizarlos y se almacenan en la memoria de la ECU.
- La función de pruebas también permite realizar pruebas a los actuadores, controlando su activación y desactivación de dispositivos como bombas de combustible y válvulas.



### 2.3 Vehículo experimental para el proyecto

El vehículo designado para los distintos trayectos recorridos en la ciudad de Quito fue de la marca Mazda, modelo 2 versión KURO del año 2022, el cual cuenta con 6 marchas, fue controlado por un conductor y un copiloto en todas las pruebas experimentales (Mazda, 2021).

**Figura 2.2:** Vehículo utilizado para pruebas



**Fuente:** Autores

**Tabla 2.1:** Ficha técnica Mazda 2021

| <b>Especificación</b> | <b>Detalle</b> |
|-----------------------|----------------|
| Diseño de cabina      | Sedan          |
| Tecnología            | SKYACTIV-BODY  |
| Cilindraje (cc)       | 1.496          |
| Cilindros             | 4 en línea     |
| Potencia (HP@RPM)     | 117@6000       |
| Número de velocidades | 6              |

**Fuente:** (Mazda, 2021)

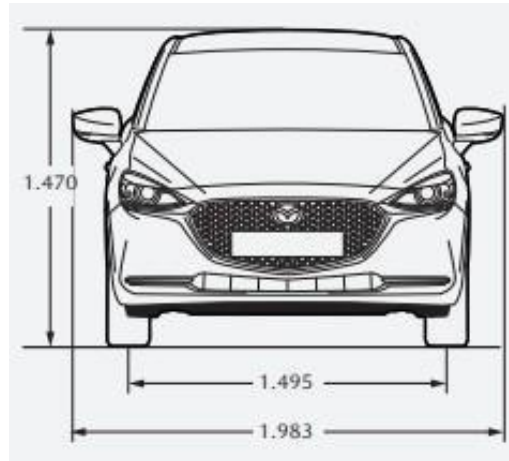
En la siguiente tabla e imágenes se presenta las dimensiones del vehículo en el que se realizó las pruebas de ruta, dichas mediciones tomadas en unidad de milímetros

**Tabla 2.2:** Dimensiones principales del vehículo a prueba

| Especificación       | Valor en (mm) |
|----------------------|---------------|
| Longitud total       | 4.320         |
| Ancho total          | 1.983         |
| Altura total         | 1.470         |
| Distancia entre ejes | 2.570         |
| Peso vacío (kg)      | 1.067         |

**Fuente:** (Mazda, 2021)

**Figura 2.3:** Vista frontal del vehículo a prueba



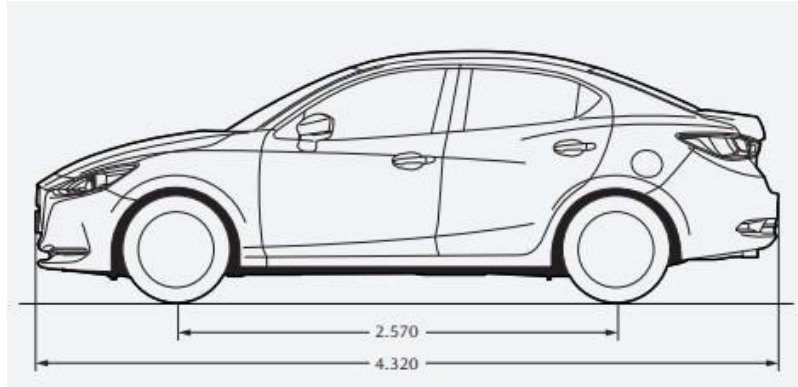
**Fuente:** (Mazda, 2021)

**Figura 2.4:** Vista posterior del vehículo a prueba



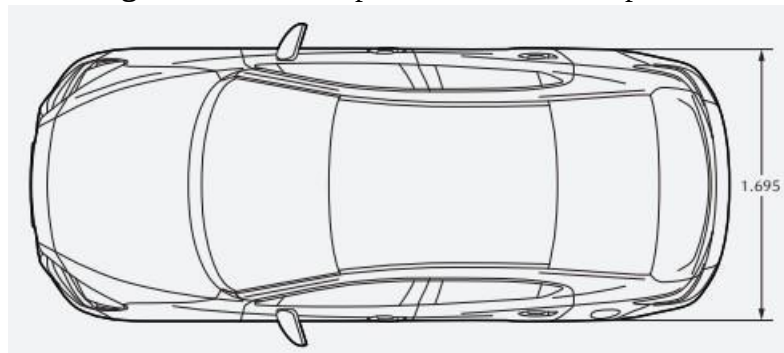
**Fuente:** (Mazda, 2021)

**Figura 2.5:** Vista lateral del vehículo a prueba



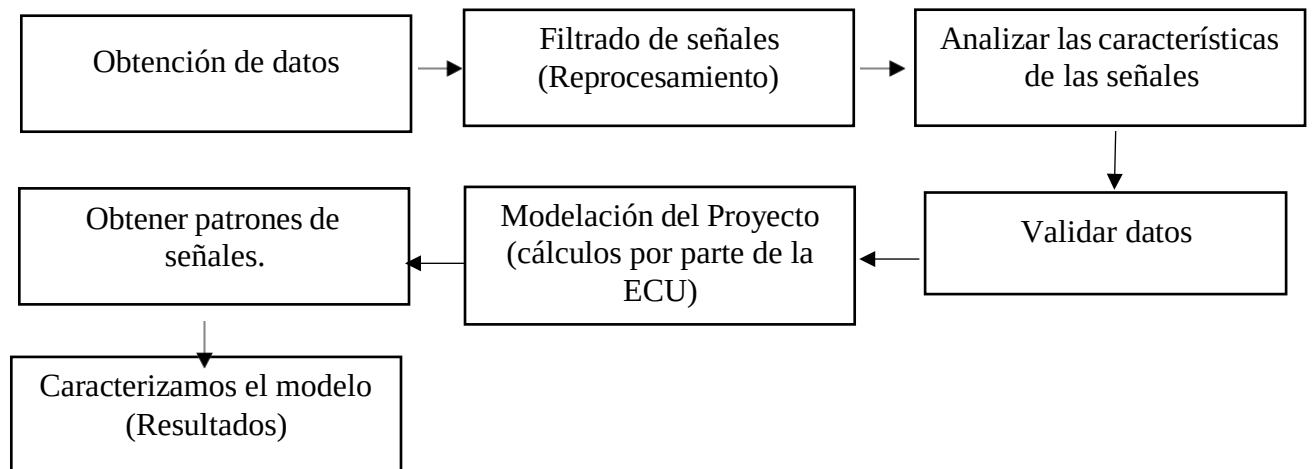
**Fuente:** (Mazda, 2021)

**Figura 2.6:** Vista superior del vehículo a prueba



**Fuente:** (Mazda, 2021)

#### 2.4 Proceso de obtención de datos



## 2.5 Proceso de configuración y uso del dispositivo Freematics ONE+

Freematics ONE+ se basa en Arduino, el cual es conectado directamente en la parte inferior del vehículo en el puerto OBD, permite de manera independiente adquirir datos en tiempo real desde la ECU. Este dispositivo tiene un sensor de movimiento GPS y entre otros sensores, todos esos datos son almacenados en una memoria interna microSD y a su vez transmitirse por Wifi o red celular, también incorpora bibliotecas y bocetos de Arduino. (Freemantic, 2013).

**Figura 2.7:** Freematic ONE PLUS



**Fuente:** (Freemantic, 2013)

A continuación, se detalla las especificaciones del “Freematics ONE+”

**Tabla 2.3:** Especificaciones “Freematics ONE+”

| <b>Freematics One +</b>      |                                                                      |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Control madre                | Espressif                                                            |
| Transceptor                  | HT40                                                                 |
| Red inalámbrica              | Bluetooth                                                            |
| Suplemento                   | Co - procesador STM – 32                                             |
| Rastreador de desplazamiento | Sensor MPU                                                           |
| GPS                          | M8030                                                                |
| Conexión inalámbrica         | Red celular                                                          |
| Potencia nominal             | 80 MHz (Wifi Inactivo)<br>80 MHz (Wifi Activo)<br>80 MHz (3G Activo) |

**Fuente:** (Freemantic, 2013)

Las ventajas del dispositivo Freematics ONE+

- Manipulación sencilla en Arduino: Facilita la personalización y el desarrollo de aplicaciones específicas.
- Frecuencia de muestreo rápida: Capaz de adquirir datos a una frecuencia cincuenta a sesenta hercios.
- Recolección de datos automática: Permite guardar datos recopilados en una unidad externa sin intervención manual.

El Freematic ONE+ es compatible con los siguientes protocolos:

- CAN a 500 Kbps con 29 bits de respuesta.
- CAN a 250 Kbps con 29 bits de respuesta.
- CAN a 500 Kbps con 11 bits de respuesta.
- CAN a 250 Kbps con 11 bits de respuesta.
- KWP2000 rápido.
- KWP2000 a 5 Kbps.

Esto lo hace accesible los vehículos comercializados en el país (Abelardo Gárate Montalvo & Néstor Diego Rivera Campoverde, 2018).

## CAPITULO III

### 3. ANÁLISIS DE LAS SEÑALES

#### 3.1 Identificación de las señales del vehículo

Todos los datos de los sensores de la Unidad de Control Electrónico se registran en un archivo separados por comas que son editables en Excel, guardados en una microSD, para su posterior procesamiento y análisis (Molina Campoverde, 2020).

Las variables almacenadas se muestran en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1:** Sensores del vehículo

| <b>Variables</b>               | <b>Nomenclatura</b> | <b>Unidad</b>     |
|--------------------------------|---------------------|-------------------|
| Aceleración longitudinal       | Aceleración         | m/s <sup>2</sup>  |
| Velocidad del auto             | VSS                 | m/s               |
| Temperatura de anticongelante  | ECT                 | °C                |
| Temperatura en la toma de aire | IAT                 | °C                |
| Presión absoluta del colector  | MAP                 | KPa               |
| Sensor de oxígeno              | O2                  | V                 |
| Velocidad motor                | RPM                 | min <sup>-1</sup> |
| Posición de la mariposa        | TPS                 | %                 |
| Combustible (largo plazo)      | LTFT                | %                 |
| Combustible (corto plazo)      | STFT                | %                 |

**Fuente:** Autores

### 3.2 Descripción de los sensores

#### Sensor de Velocidad por parte del vehículo (VSS)

Es un dispositivo utilizado en vehículos para medir la velocidad a la que se transita. Este sensor convierte la velocidad del vehículo en señales electrónicas para ser enviadas y almacenadas en la ECU (Walker, 2023).

**Figura 3.1:** Sensor VSS



**Fuente:** (Walker, 2023)

#### Resistencia Coeficiente de Temperatura Negativo (NTC)

Es un componente eléctrico que tiene un coeficiente negativo, lo que significa que su resistencia reduce con el aumento de temperatura, debido a su sensibilidad a la temperatura, sus mediciones son exactas (Santiago, 2020).

**Figura 3.2:** NTC



**Fuente:** (Santiago, 2020).

#### Temperatura del Aire de Admisión (IAT)

Es el sensor que monitoria la temperatura del aire que entra al motor, esta medición es llevada a la ECU para corregir el paso de aire que ingresa al motor en diferentes condiciones, estando el motor frio o caliente para tener un óptimo funcionamiento del motor (Mecánica, 2022).

**Figura 3.3:** Sensor IAT



---

**Fuente:** (Mecánica, 2022)

### **Presión Absoluta del Múltiple (MAP)**

Este sensor es encargado de la medición absoluta de la presión dentro de la admisión del motor. esta medición es llevada a la ECU para saber la cantidad de aire que entra a la admisión y corregir la mezcla si es necesario entre aire-combustible. (Avance, 2021).

**Figura 3.4:** Sensor MAP



**Fuente:** (Avance, 2021)

### **Sensor de oxígeno (O2)**

Su función es detectar la presencia de oxígeno en el escape, esta medición es llevada a la ECU para ajustar la mezcla de aire-combustible, garantizando un trabajo eficiente de la combustión y también reducir los gases contaminantes. (Thomson, 2016).



**Figura 3.5:** Sensor O2



**Fuente:** (Thomson, 2016)

### **Revoluciones por Minuto (RPM)**

Es la medida de cuántas rotaciones completas (1 RPM, que equivale a 360 grados por minuto) realiza el cigüeñal, y de cuantas veces cada pistón sube y baja en su cilindro. (Autolab, 2017) .

### **TPS**

Su función es enviar a la ECU en qué posición se encuentra la mariposa del sistema de aceleración, este elemento controla la cantidad aire que ingresa al motor, es decir, la inyección de cada cilindro (Thomson, 2016).

**Figura 3.6:** TPS



**Fuente:** (Thomson, 2016)

## **3.3 Extracción de características**

### **3.3.1 Ecuación derivada de la velocidad sobre el tiempo**

$$a(t) = \frac{d}{dt} v(t) \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

$a(t)$ : Es la aceleración con respecto al tiempo

$v(t)$ : Velocidad obtenida por GPS

$\frac{d}{dt}$  : Denota la derivada con respecto al tiempo

### 3.3.2 Escalones de velocidad

El desempeño del vehículo en la carretera depende de las relaciones de transmisión de cada marcha, por lo cual estos valores se obtienen mediante el algoritmo de k-means basado en el análisis entre la relación de la velocidad del motor con respecto a la del vehículo (Molina Campoverde, 2020).

Aplicando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{VSS}{RPM} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

### 3.3.3 Límites de velocidad

A continuación, se representa los límites de velocidad en zonas urbanas, periférica y de carreteras rectas y con curvas.

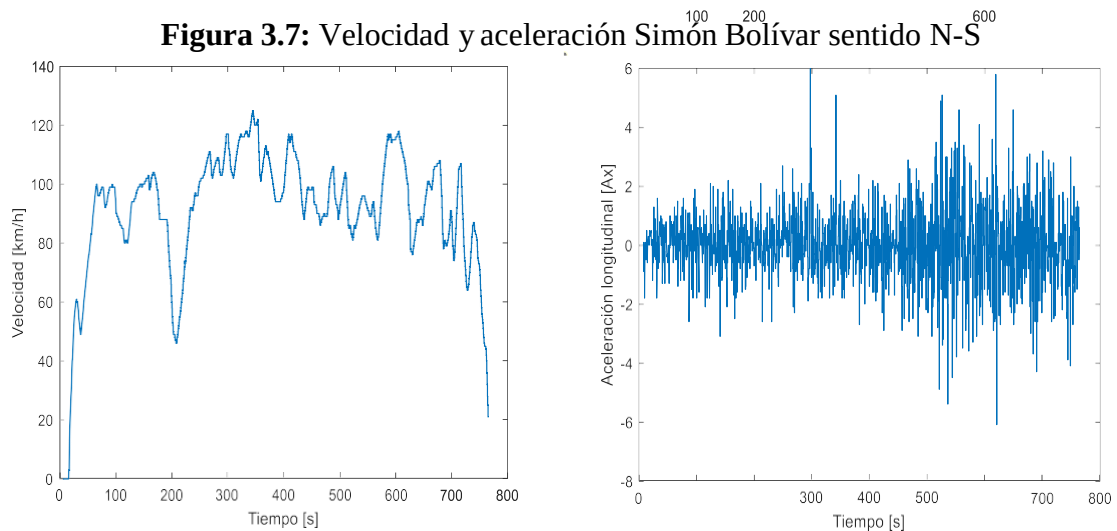
**Tabla 3.2:** Límites de velocidad

| <b>Tipo de carretera</b> | <b>Límite máximo de velocidad (km/h)</b> | <b>Fuera de rango (km/h)</b> |
|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| Urbana                   | 40                                       | >50                          |
| Periférica               | 70                                       | >100                         |
| Carretera recta          | 90                                       | >110                         |
| Carretera curva          | 50                                       | >65                          |

**Fuente:** “RLOTTTSV” (2017)

### 3.3.4 Trayectos estudiados en la actualidad

Con respecto a la ruta realizada en Quito en el trayecto de la Simón Bolívar en sentido N-S (La Forestal - Tambillo) se obtiene los siguientes datos de la aceleración, velocidad y cambios de marcha con respecto al tiempo del GPS.

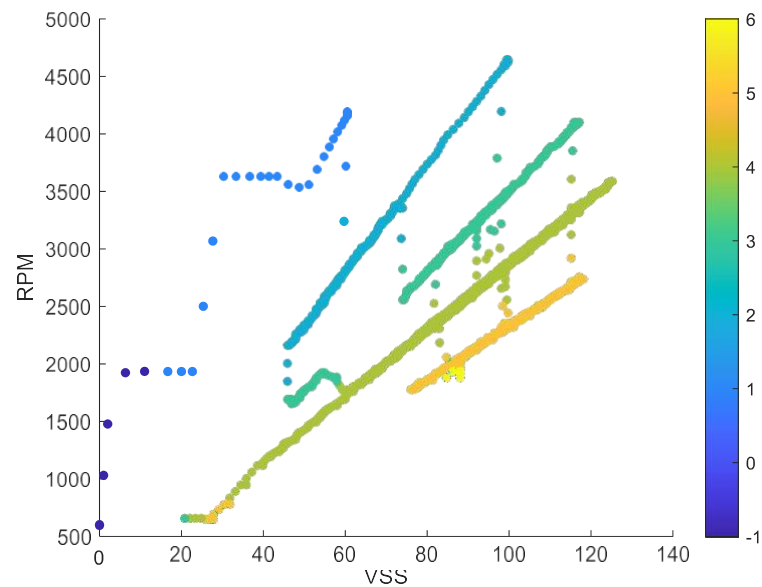


**Fuente: Autores**

Mediante los datos de la aceleración obtenidos a partir de la derivada de la velocidad con respecto al tiempo proporcionados por el GPS representados en la (Figura 3.7), se identifica que a la mitad del trayecto de la avenida existen picos máximos y mínimos donde la variación de aceleración es pronunciada que da como resultado un aumento y disminución brusca en la velocidad del vehículo dando a notar que ahí existe un tramo con desnivel y se aproximan curvas pronunciadas con mayor probabilidad de accidentes vehiculares.

A continuación, se presenta la relación entre la velocidad del vehículo con la del motor.

**Figura 3.8:** Diagrama de RPM en la avenida Simón Bolívar sentido N-S



**Fuente:** Autores

Se identifica en la figura (3.8) que predomina el uso de marchas elevadas como cuarta quinta y sexta en altas velocidades del vehículo, pero se analiza un cambio brusco en la segunda marcha alcanzando valores máximos de revoluciones en el motor que da a notar que ahí existe un desnivel y hubo un frenado excesivo por la topografía de la avenida.

**Tabla 3.3:** Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 1er trayecto

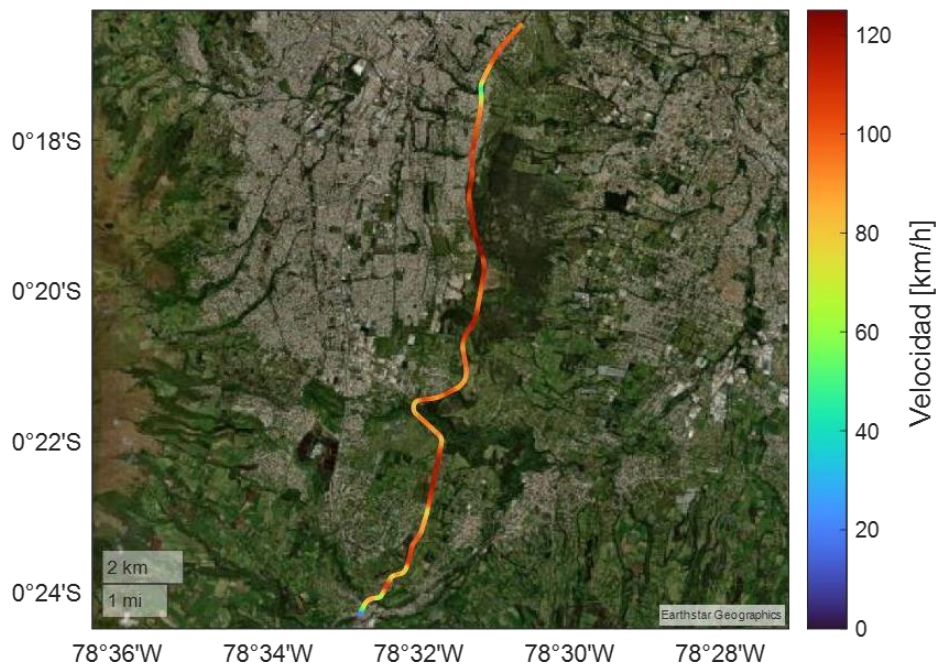
| Marcha  | Vss (Km/H) | Rpm<br>Máxima Alcanzada | Color<br>Representativo |
|---------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Primera | 0 - 20     | 2000                    | Azul                    |
| Segunda | 20 - 60    | 4500                    | Celeste                 |
| Tercera | 45 - 100   | 4000                    | Turquesa                |
| Cuarta  | 60 - 120   | 3500                    | Verde                   |
| Quinta  | 80 - 120   | 2500                    | Naranja                 |
| Sexta   | 80 - 90    | 2000                    | Amarillo                |

**Fuente:** Autores

Se recorre la ruta desde La Forestal hasta Tambillo en la Simón Bolívar en el sentido N-S, al ser una vía de alta afluencia de vehículos particulares, urbanos y comerciales, según la ANT se registran varios siniestros provocados por la alta velocidad como se puede observar en la figura 3.9 se inicia el tramo con una velocidad baja de 45 km/h pero a medida que vamos avanzando y debido a las características de la vía se obtiene una velocidad constante

de 90km/h hasta 120km/h. Mediante los valores obtenidos en el tramo se identifica que uno de los mayores factores es la imprudencia de conducción en los choferes sobrepasando la velocidad máxima permitida según la “RLOTTTSV”, existen varios factores que pueden ocasionar accidentes como son las curvas pronunciadas y los desniveles que tiene este trayecto.

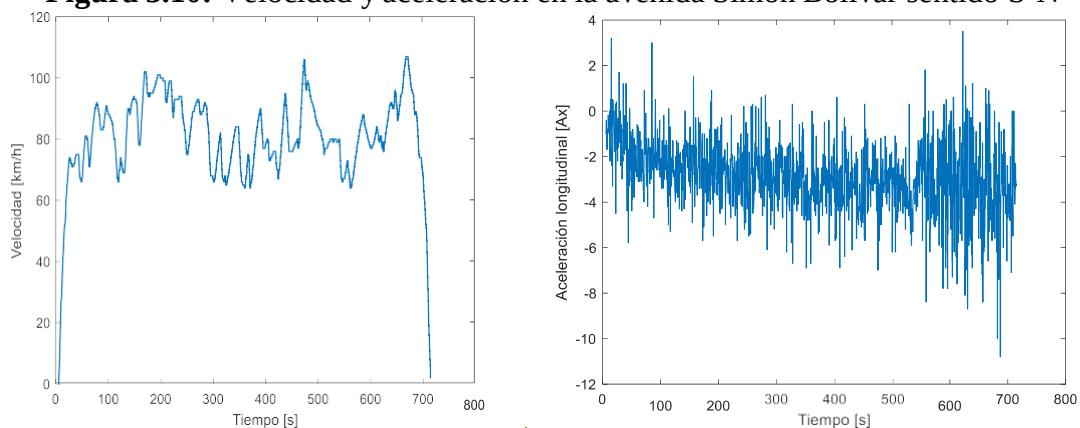
**Figura 3.9** Trayecto Forestal-Tambillo



**Fuente:** Autores

A continuación, se presenta la siguiente ruta realizada en la avenida Simón Bolívar sentido SUR-NORTE (Desvió del valle–Zambiza) se obtiene los siguientes datos de la aceleración, velocidad y cambios de marcha con respecto al tiempo del GPS.

**Figura 3.10:** Velocidad y aceleración en la avenida Simón Bolívar sentido S-N

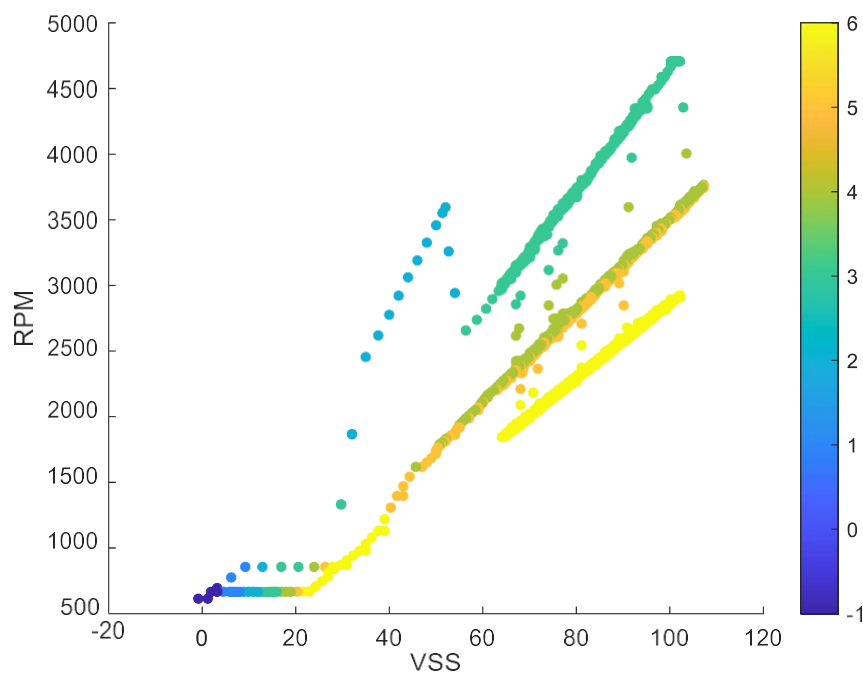


**Fuente:** Autores

Mediante los datos de la aceleración obtenidos a partir de la derivada de la velocidad con respecto al tiempo proporcionados por el GPS, representados en la (Figura 3.10), se identifica que en el comienzo del trayecto de la avenida existen picos máximos donde la variación de aceleración es elevada, lo que da como resultado un aumento en la velocidad del vehículo, indicando que es una vía de rápida circulación vehicular, aunque existen tramos con curvas abiertas. En el mismo trayecto, al final, se observa una variación brusca de aceleración entre picos máximos y mínimos, lo que indica la presencia de una curva muy pronunciada y la consecuente disminución de la velocidad del motor.

A continuación, se presenta la relación entre la velocidad del vehículo con la del motor.

**Figura 3.11:** Diagrama de RPM en la avenida Simón Bolívar sentido S-N



**Fuente:** Autores

Se muestra la relación RPM con la velocidad del vehículo donde se identifica un cambio brusco en la tercera marcha que da a notar que se realizó el cambio de marcha a cuarta y viceversa, lo cual se obtiene que existe varias curvas abiertas y la velocidad fue constante manteniéndose en una variación de tercera y cuarta marcha en la mayoría del trayecto. También se identificó que en la tercera marcha existió un cambio brusco a segunda marcha donde se ubicó una curva pronunciada en el trayecto.

Se presenta la relación de cambio de marchas en función a la velocidad.

**Tabla 3.4:** Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 2do trayecto

| <b>Marcha</b> | <b>VSS (km/h)</b> | <b>RPM<br/>Máxima alcanzada</b> | <b>Color<br/>Representativo</b> |
|---------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Primera       | 0 - 20            | 1000                            | Azul                            |
| Segunda       | 20 - 50           | 3600                            | Celeste                         |
| Tercera       | 45 - 100          | 4600                            | Turquesa                        |
| Cuarta        | 50 - 110          | 3500                            | Verde                           |
| Quinta        | 70 - 110          | 3500                            | Naranja                         |
| Sexta         | 75 - 120          | 3000                            | Amarillo                        |

**Fuente:** Autores

A continuación, la ruta que se recorrió fue desde el desvío de los Valles hasta el Redondel de Zambisa en la Simón Bolívar en el sentido S-N, como se puede observar en la figura 3.12 la velocidad de 60 km/h hasta los 100 km/h varía subiendo y bajando debido a la topografía que posee esta ruta donde en algunos tramos se presentan curvas pronunciadas bajando así la velocidad y tramos que son largos aumentando la velocidad así durante todo el trayecto, este trayecto posee antecedentes de siniestros de tránsito registrados en ciertos tramos del recorrido, se decidió analizar esta carretera de la ciudad al ser de fácil acceso y tener conexiones al sector del valle y norte de Quito, donde se presenta la gran problemática como un colapso por el tráfico que obliga a que los conductores salgan de una manera brusca e imprudente causando colisiones, atropellamientos y lesiones graves.

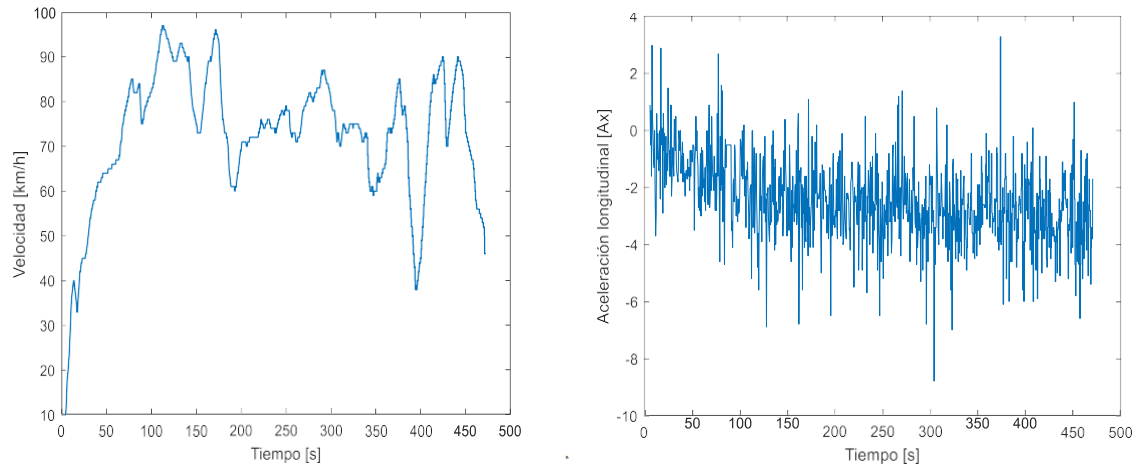
**Figura 3.12:** Trayecto Desvío Valles - Redondel de Zambisa



**Fuente:** Autores

En la última ruta se obtuvo los siguientes datos de velocidad, aceleración y cambios de marchas, fue realizada en la Mariscal Sucre en sentido S-N (Tejar- San Carlos) con respecto al tiempo del GPS.

**Figura 3.13:** Velocidad y aceleración Mariscal Sucre en sentido S-N



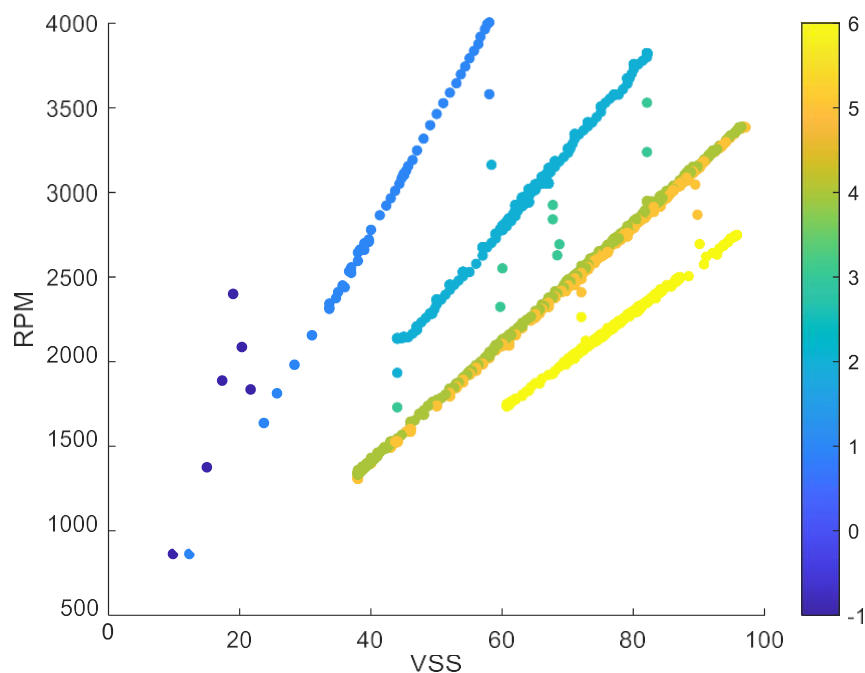
**Fuente:** Autores

Mediante los datos de la aceleración obtenidos a partir de la derivada de la velocidad con respecto al tiempo proporcionados por el GPS representados en la (Figura 3.13) usando la ecuación (3.1), se identifica que en el trayecto se nota un pico mínimo brusco en la aceleración del vehículo, donde hay una reducción de velocidad constante y se identifica una vía de rápida circulación hasta llegar a un punto crítico en el cual se tiene que realizar una reducción de velocidad brusca por las condiciones del tráfico u otros factores que influyen en vías rápidas y con buena topografía

A continuación, se presenta la relación entre la velocidad del vehículo con la del motor.



**Figura 3.14:** Diagrama de RPM en la avenida Simón Bolívar sentido S-N



**Fuente:** Autores

Se identifica en la figura (3.14) la presencia de marchas elevadas como cuarta, quinta y sexta alcanzando una velocidad máxima del vehículo, en donde se analiza un cambio brusco en la segunda marcha como también el cambio a tercera contantemente y viceversa que da a notar que se realizó una disminución de velocidad considerable durante este trayecto.

**Tabla 3.5:** Relación del cambio de marchas en función a la velocidad 3er trayecto

| <b>Marcha</b> | <b>VSS (km/h)</b> | <b>RPM<br/>Máxima alcanzada</b> | <b>Color<br/>Representativo</b> |
|---------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Primera       | 0 - 20            | 2500                            | Azul                            |
| Segunda       | 20 - 60           | 4000                            | Celeste                         |
| Tercera       | 45 - 80           | 3600                            | Turquesa                        |
| Cuarta        | 40 - 100          | 3300                            | Verde                           |
| Quinta        | 60 - 100          | 3300                            | Naranja                         |
| Sexta         | 60 -100           | 2500                            | Amarillo                        |

**Fuente:** Autores

La última ruta se recorre en la Mariscal Sucre en el sentido S-N desde El Tejar hasta el sector de San Carlos, se decide analizar esta carretera de la ciudad ya que se identifica mediante antecedentes de siniestros de tránsito registrados por la AMT en ciertos tramos de este

recorrido, esta vía debido a su topografía y el buen estado de la carretera hace que los conductores se sientan cómodos, como se puede ver en la imagen 3.15 hay un tramo donde se mantiene la velocidad constante de 70km/h a 90km/h ya que durante este recorrido no se logra encontrar semáforos, tampoco obstáculos que ayuden a disminuir la velocidad, dando como resultado que se excedan las velocidades máxima que son establecidas por la “RLOTTTSV”.

**Figura 3.15:** Trayecto en la Avenida Mariscal Sucre en sentido S-N



**Fuente:** Autores

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Tramos de la ruta

Aplicando el algoritmo desarrollado y con los datos adquiridos en tiempo real por el GPS en las avenidas de Quito más transcurridas se obtiene la latitud, longitud, altitud y velocidad, necesarios para delinear los tramos comprendidos en la Simón Bolívar sentido N-S desde la Forestal hasta el sector Tambillo, en el otro tramo en la misma vía pero en sentido S-N desde el sector Desvío Intercambiador Valles hasta el Redondel De Zambiza y, por último, el tramo comprendido en la Avenida Mariscal Sucre sentido S-N desde el sector el Tejar hasta el sector de San Carlos, fue necesario convertir la información del GPS a coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) para trabajar con las unidades del Sistema Internacional.

#### 4.2 Cálculo de curvatura en puntos críticos de la ruta

Para encontrar los diferentes valores de curvatura en cada punto de los tres recorridos, se utiliza la siguiente ecuación (4.1). Se utiliza una ya que es posible asociar cada elemento de la ruta en términos de radio. (Rivera Campoverde et al., 2023)

$$k = \frac{|f^F(t) \cdot g^{FF}(t) - g^F(t) \cdot f^{FF}(t)|}{[(f^F(t))^2 + (g^F(t))^2]^{\frac{3}{2}}} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

#### 4.3 Cálculo de radio de curvatura

Para el cálculo de los radios de las curvas identificadas en los trayectos se utiliza la inversa de la curvatura, obteniendo los resultados en las siguientes figuras.

#### 4.4 Prueba del radio de curvatura

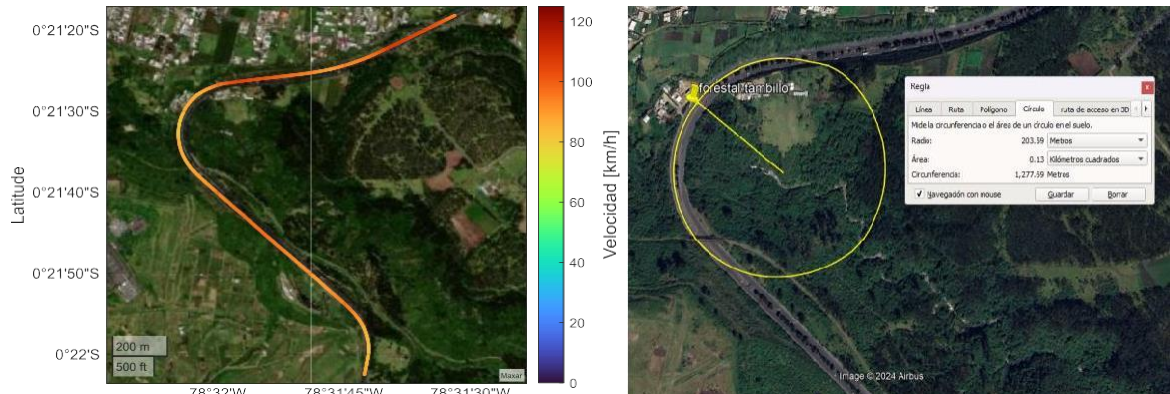
La obtención del radio es primordial para determinar la velocidad de derrape y vuelco de los vehículos que transitan esas avenidas. Los valores obtenidos por el algoritmo se comparan con el radio encontrado por la aplicación Google Earth Pro.

Nota. Existen pequeñas diferencias del algoritmo entre la aplicación y Google Earth Pro, debido al tipo de muestreo que realiza Google.

#### 4.4.1 Tramos críticos identificados las Avenidas más transcurridas de Quito

Tramo critico identificado en la Simón Bolívar sentido N-S comprendido desde la Forestal hasta el sector Tambillo

**Figura 4.1:** Tramo critico identificado en avenida Simón Bolívar sentido N-S

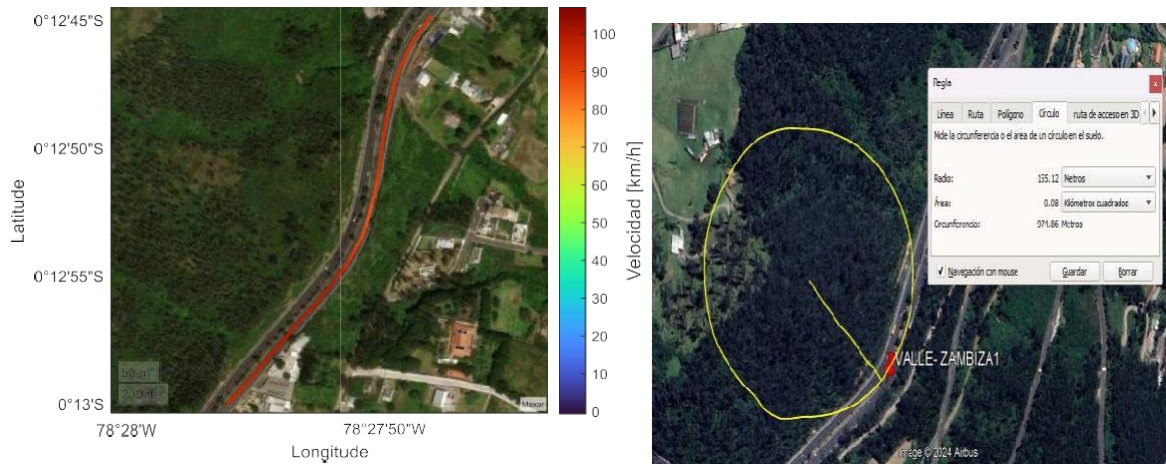


**Fuente:** Autores

Se puede notar en la figura (4.1) que a lo largo del recorrido la velocidad del vehículo llega hasta 120 km/h, donde se analiza un tramo de color amarillo donde se da a notar que existe una reducción de velocidad de hasta 70 km/h, llegando a la conclusión que se aproxima una curva pronuncia cerrada con radio de 203.59 metros, en el cual se recomienda disminuir la velocidad drásticamente para tener mayor visibilidad para el conductor y un mejor control de manejo, evitando el derrape de los neumáticos.

En el siguiente trayecto, dos tramos críticos fueron identificados en la Simón Bolívar sentido S-N desde la Desvió de los Valles hasta el Redondel de Zambisa.

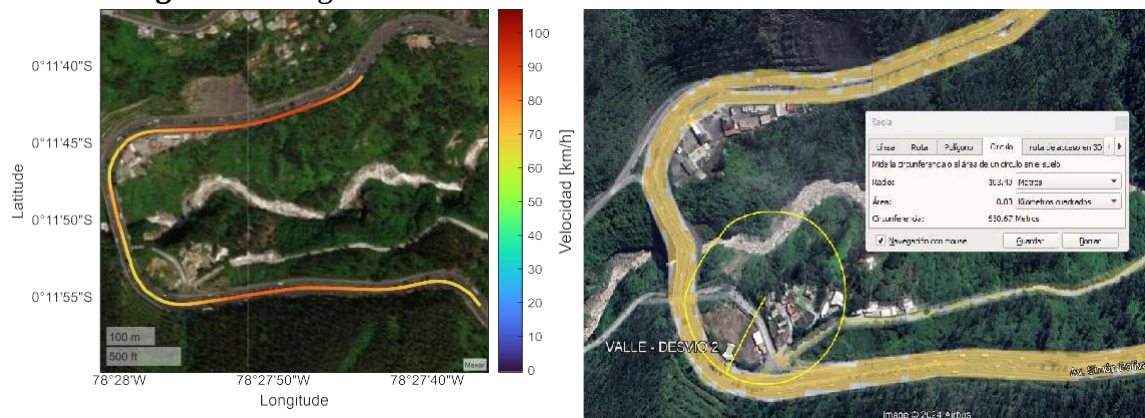
**Figura 4.2:** Primer tramo critico avenida Simón Bolívar sentido S-N



**Fuente:** Autores

En la figura (4.2) se observa que en el transcurso de la carretera la velocidad en la que transita el vehículo llega hasta 110 km/h, donde se analiza un tramo de color rojo donde existe una velocidad constante durante una curva abierta hacia la izquierda con radio de 155.12 metros, llegando a la conclusión que en dicha curva los conductores no reducen la velocidad y tienen mayor riesgo de perder el control de manejo.

**Figura 4.3:** Segundo tramo critico avenida Simón Bolívar sentido S-N



**Fuente:** Autores

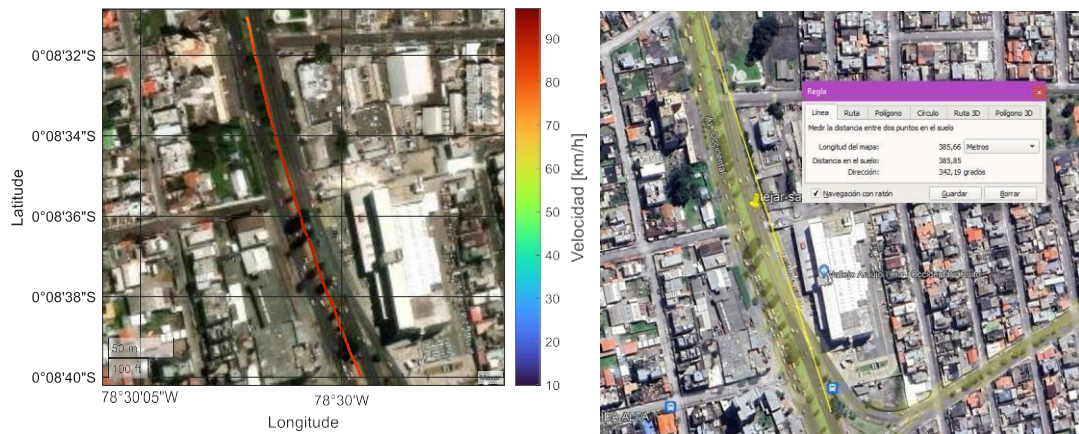
En la figura (4.3) se observa que en el transcurso de la misma carretera la velocidad en la que transita el vehículo de prueba llega hasta 110 km/h, donde se analiza un tramo de color amarillo que da a notar un cambio brusco de velocidad reduciendo hasta 60 km/h, llegando a la conclusión que se aproxima una curva ligeramente abierta con radio de 103.40 metros,



en la cual reduce la velocidad el conductor para tener mayor control de manejo y mejor visibilidad al momento tomar la curva.

En el último trayecto se identifica un tramo crítico en la avenida Mariscal Sucre sentido S-N desde el sector El Tejar hasta el sector San Carlos.

**Figura 4.4:** Tramo critico avenida Mariscal Sucre sentido S-N



**Fuente:** Autores

En la figura (4.4) se observa que en el transcurso de la carretera el vehículo transita a una velocidad hasta de 100km/h, donde se analiza el tramo de color rojo que se mantiene constante en una longitud de 385.66 metros, llegando a la conclusión que ese tramo es de alta velocidad y tiende a producirse varios factores que ocasionan accidentes de tránsito como atropellamientos y choques al perder el control siendo una zona urbana.

#### 4.5 Cálculo de la velocidad de derrape

Este parámetro permite determinar la velocidad límite de derrape en una curva, es decir, la velocidad límite a la que el vehículo debe entrar en una curva sin patinar. Para determinar estos valores se utiliza la ecuación (4.2). Las variables que intervienen en la ecuación son la gravedad ( $g$ ), la radio ( $R$ ), el coeficiente de adherencia neumática al suelo  $\mu_{y\max}$  y la inclinación de la vía en grados ( $\tan r$ ). El algoritmo puede describir la velocidad a lo largo de la ruta o en una parte específica de la ruta (Rivera Campoverde et al., 2023).

$$V_{ld} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{\mu_{y\max} + \tan r}{1 - \mu_{y\max} \cdot \tan r}} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

## 4.6 Cálculo de la velocidad de vuelco

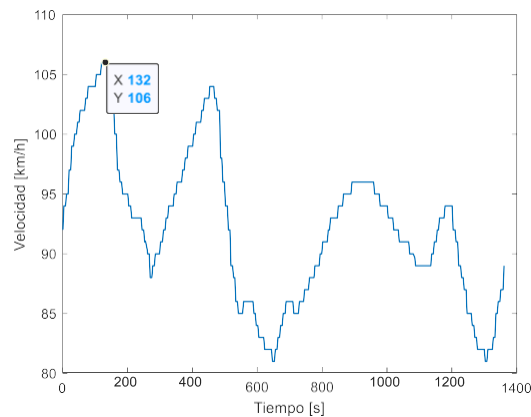
La ecuación (4.3) identifica el punto exacto donde el accidente de tránsito es inminente, las variables utilizadas son las mismas que en el cálculo anterior de la velocidad de derrape con la diferencia que el término B representa el ancho de vía del vehículo y h, la altura del centro de gravedad.

$$V_{lv} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{B}{2h}} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

## 4.7 Limitación de velocidades $V_{ld}$ y $V_{lv}$ en los trayectos

### 4.7.1 Primer trayecto identificado en avenida Simón Bolívar sentido N-S

**Figura 4.5:** Velocidad máxima sometida al vehículo primera ruta



**Fuente:** Autores

En el primer trayecto con la ecuación (4.2) se obtuvo como resultado que la velocidad límite es de 156.94 km/h a la que el vehículo debe entrar en la curva para no tener riesgo de deslizamiento en la superficie de la carretera y con la ecuación (4.3) se obtuvo que 196.76 km/h es la velocidad máxima antes de que el vehículo sufra un riesgo de vuelco inminente. Para la obtención de estos datos de velocidad el vehículo fue expuesto a condiciones máximas en la figura (4.5) se muestra la velocidad alcanzada de 106 km/h.

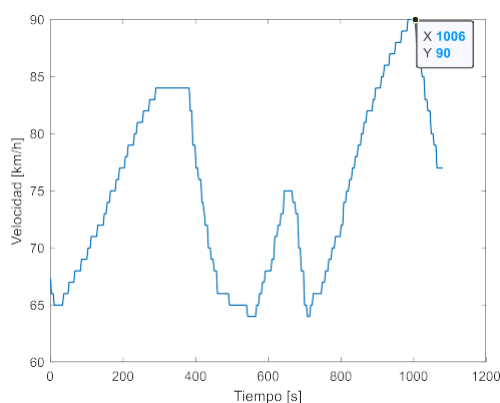
**Tabla 4.1:**  $V_{ld}$  y  $V_{lv}$  en el primer trayecto

| Parámetros | Velocidad<br>(m/s) | Velocidad<br>(km/h) |
|------------|--------------------|---------------------|
| $V_{ld}$   | 15.33              | 156.94              |
| $V_{lv}$   | 54.65              | 196.76              |

**Fuente:** Autores

#### 4.7.2 Segundo trayecto identificado en avenida Simón Bolívar sentido S-N

**Figura 4.6:** Velocidad máxima sometida al vehículo segunda ruta



**Fuente:** Autores

En el segundo trayecto con la ecuación (4.2) se obtuvo como resultado que la velocidad límite es de 137.13 km/h a la que el vehículo debe entrar en la curva abierta para no tener riesgo de deslizamiento en la superficie de la carretera y con la ecuación (4.3) se obtuvo que 171.93 km/h es la velocidad máxima antes de que el vehículo sufra un riesgo de vuelco inminente. Para la obtención de estos datos de velocidad el vehículo fue expuesto a condiciones máximas en la figura (4.6) se muestra la velocidad alcanzada de 90 km/h.

**Tabla 4.2:**  $V_{ld}$  y  $V_{lv}$  en el segundo trayecto

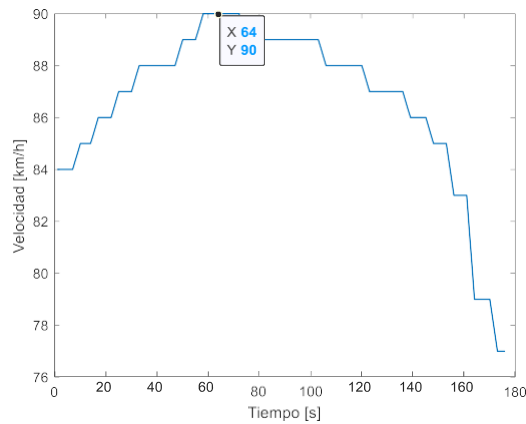
| Parámetros | Velocidad<br>(m/s) | Velocidad<br>(km/h) |
|------------|--------------------|---------------------|
| $V_{ld}$   | 38.09              | 137.13              |
| $V_{lv}$   | 47.76              | 171.93              |

**Fuente:** Autores



#### 4.7.3 Tercer trayecto identificado en avenida Mariscal Sucre sentido S-N

**Figura 4.7:** Velocidad máxima sometida al vehículo tercer ruta



**Fuente:** Autores

En el tercer trayecto con la ecuación (4.2) se obtuvo como resultado que la velocidad límite es de 112 km/h a la que el vehículo debe entrar en la curva ligeramente abierta para no tener riesgo de deslizamiento en la superficie de la carretera y con la ecuación (4.3) se obtuvo que 140.42 km/h es la velocidad máxima antes de que el vehículo sufra un riesgo de vuelco inminente. Para la obtención de estos datos de velocidad el vehículo fue expuesto a condiciones máximas en la figura (4.7) se muestra la velocidad alcanzada de 90 km/h.

**Tabla 4.3:**  $V_{ld}$  y  $V_{lv}$  en el tercer trayecto

| Parámetros | Velocidad<br>(m/s) | Velocidad<br>(km/h) |
|------------|--------------------|---------------------|
| $V_{ld}$   | 31.11              | 112                 |
| $V_{lv}$   | 39.01              | 140.42              |

**Fuente:** Autores

#### 4.8 Cálculo de la distancia de frenado

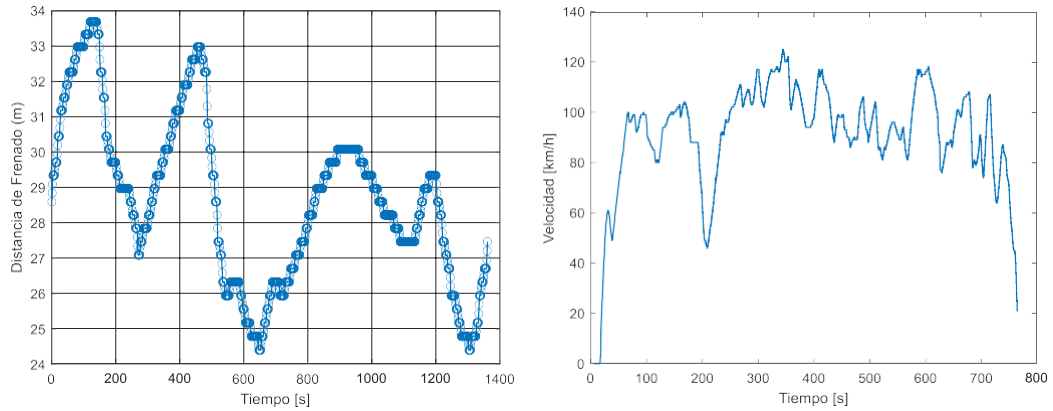
Para áreas donde la unidad de transporte necesita la aplicación del sistema de frenado, la siguiente ecuación (4.4) estima la distancia de frenado y determina qué tan riesgoso es conducir a altas velocidades. La ecuación presenta variables como: peso del vehículo  $P$ , coeficiente de masa giratoria  $y_f$ , coeficiente de resistencia  $C$ , coeficiente de resistencia

aerodinámica  $C_x$ , área de la parte frontal del vehículo  $A_f$ , velocidad,  $V_f^2$ , fuerza de fricción  $F_f$ , fricción  $f_r$  y la gravedad  $g$  (Rivera Campoverde et al., 2023).

$$S_P = \frac{P \cdot y_f}{2 \cdot g \cdot C} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{1}{n_f \cdot \mu \cdot P \cdot \sin P + P \cdot f_r} \right]^2 \quad \text{Ec. (4.4)}$$

### Distancia de frenado en el primer trayecto

**Figura 4.8:** Diagrama distancia de frenado en la avenida Simón Bolívar sentido N-S

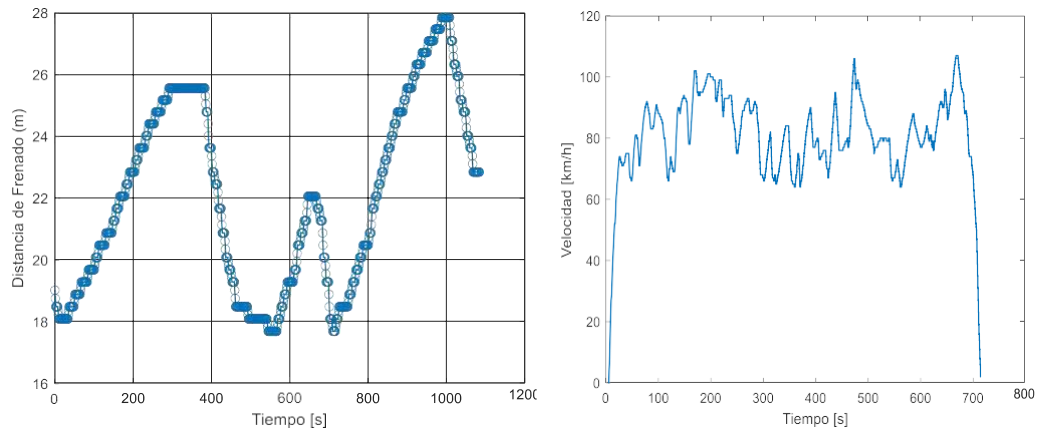


**Fuente:** Autores

En la Figura 4.8 se identifican picos máximos y mínimos de la distancia de frenado, lo que hace necesaria la aplicación del sistema de frenos. En estos puntos, se llega a una velocidad de 120km/h, la cual es necesario recorrer 34 metros para frenar y reducir la velocidad. En la mitad del trayecto de la avenida, se observa un aumento y disminución constante de la velocidad del vehículo, necesarios para transitar en dicha avenida debido a sus desniveles y curvas pronunciadas, lo que incrementa la probabilidad de accidentes vehiculares.

### Distancia de frenado en el segundo trayecto

**Figura 4.9:** Diagrama distancia de frenado en la avenida Simón Bolívar sentido S-N

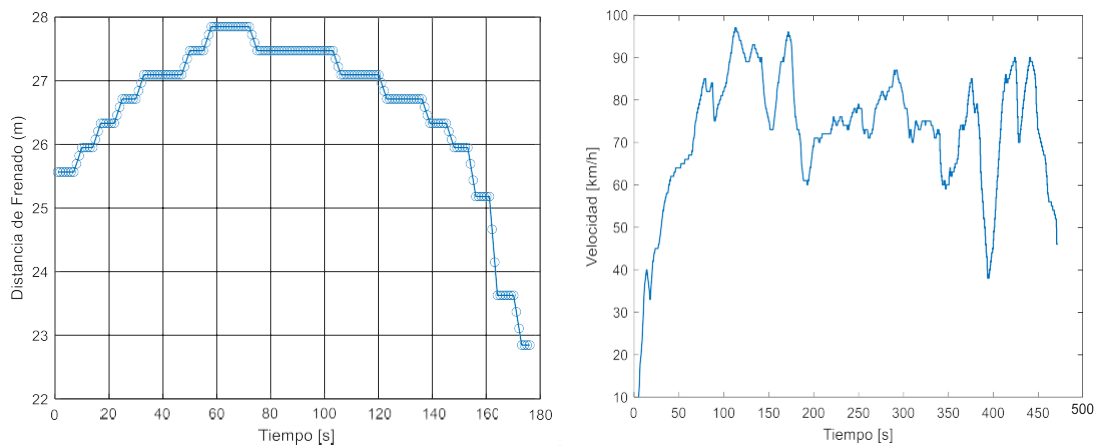


**Fuente:** Autores

En la Figura 4.9 se identifican picos máximos de la distancia de frenado, lo que hace necesaria la aplicación del sistema de frenos. En estos puntos, se llega a una velocidad de 100km/h, la cual es necesario recorrer 28 metros para frenar y reducir la velocidad. En el trayecto se observa que, tanto al comienzo como al final de la avenida, existen picos máximos donde la variación de la velocidad es elevada. Esto resulta en una vía de rápida circulación vehicular con curvas abiertas y tramos donde es necesario reducir la velocidad debido a factores de tránsito evidentes a lo largo del recorrido.

### Distancia de frenado en el tercer trayecto

**Figura 4.10:** Diagrama distancia de frenado en la avenida Mariscal Sucre sentido S-N



**Fuente:** Autores

En la Figura 4.10 se identifican picos máximos de la distancia de frenado, lo que hace necesaria la aplicación del sistema de frenos. En estos puntos, se llega a una velocidad de 100km/h, la cual es necesario recorrer 28 metros para frenar y alcanzar velocidades mínimas. Esto se debe a que el trayecto se desarrolla en una avenida de rápida circulación, pero existen picos donde la variación de la velocidad es considerable. Estos cambios son causados por factores de tráfico y la naturaleza comercial de la zona, lo que genera una mayor afluencia de peatones y la consecuente reducción de velocidad para evitar siniestros viales durante el transcurso de la avenida.

## CONCLUSIONES

- Las velocidades máximas permitidas de tránsito se encuentran establecidos por la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Lamentablemente, dichas normativas se están infringiendo debido a la imprudencia de los conductores. Según los datos obtenidos en el proyecto, la mayoría de las vías son transitadas a velocidades superiores a 110 km/h, lo cual resulta peligroso en comparación con las velocidades máximas permitidas por la ley. Además, la buena topografía de las carreteras permite a los conductores alcanzar velocidades altas, incrementando así el riesgo de accidentes.
- El uso de las señales PID's para la recolección de datos de forma detallada sobre las señales del comportamiento de vehículo que fue sometido a condiciones máxima, fue necesario para la identificación de la topografía y factores en tiempo real que ocasionan un mayor riesgo de accidentabilidad en las avenidas de la capital.
- Se reconoce que las avenidas con mayor registro de siniestros en Quito ocurren en la Simón Bolívar sentido N-S desde la Forestal hasta el sector Tambillo, en el otro tramo en la misma avenida sentido S-N desde el sector Desvío Intercambiador Valles hasta el Redondel De Zambiza y, por último, el tramo comprendido en la Mariscal Sucre sentido S-N desde el sector el Tejar hasta el sector de San Carlos.
- El índice de mortalidad debido a accidentes de tránsito ha aumentado de la mano con el crecimiento del parque automotriz a lo largo de los años, este incremento no solo refleja la mayor cantidad de vehículos en circulación, sino también la insuficiencia de las vías, siendo un fenómeno en los años de vida perdidos debido a accidentes de tránsito.

- Con el uso de las ecuaciones desarrolladas en el proyecto, permitieron determinar con precisión los valores críticos de velocidad para los trayectos analizados, considerando factores como gravedad, el radio, el coeficiente de adherencia neumática al suelo, la inclinación de la vía en grados, el peso, el coeficiente de masa giratoria, la fuerza de fricción y gravedad, que los vehículos pueden alcanzar antes de enfrentar riesgos de vuelcos inminentes y deslizamientos en la carretera.

## **RECOMENDACIONES**

- La implementación de un dispositivo en el tablero del automóvil que con las señales PID's den alertas auditivas, visuales y táctiles para advertir al ocupante cuando se infrinjan las velocidades máximas permitidas en curvas para prevenir un vuelco o algún deslizamiento en el trayecto. este dispositivo fomentaría una conducción más segura y concienciaría a los capitalinos sobre los peligros y las consecuencias de exceder la velocidad.
- Desarrollar un plan de capacitación sobre la interpretación de señales de advertencia, técnicas de conducción segura en tramos peligrosos, y que tan importante es respetar los límites máximos de velocidad que puede llegar un conductor. Al mejorar la conciencia y las habilidades de los conductores, se puede reducir significativamente la alta probabilidad de accidentes en la capital.
- Adoptar tecnologías avanzadas de monitoreo de tráfico en las avenidas principales, como cámaras y sensores, para vigilar en tiempo real el comportamiento de los conductores. Esto permitirá detectar de manera efectiva a aquellos que no respeten las velocidades establecidas, y así, disminuir la tasa de mortalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abelardo Gárate Montalvo, D., & Néstor Diego Rivera Campoverde, I. (2018). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ*.
- ANT. (2023). *Siniestros de tránsito se redujeron en el 2024* – ANT. <https://www.ant.gob.ec/siniestros-de-transito-se-redujeron-en-el-2023/>
- Avance, A. (2021). *Sensor MAP ¿Tu auto pierde potencia, alto consumo de gasolina?* <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>
- Ciencia. (2019). *CyD*. <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=315>
- CONUEE. (2013). *COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA CONUEE DIAGNÓSTICO A BORDO (OBD)*.
- Correa Ortiz, R. A. (2022). *Propuesta técnica para disminuir la siniestralidad vial en la avenida Simón Bolívar tramo puente Morán Valverde hasta el intercambiador Carapungo*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21563>
- DMQ. (2024). *Población y Demografía* |. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Freematic. (2013). *Freematics – Freematics ONE+ Model A*. <https://freematics.com/pages/products/freematics-one-plus/>
- Google. (s.f.). [Fabrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda]. Recuperado el 21 de mayo de 2020 de <https://goo.gl/maps/mxDspdP1DNjLVtJB8>
- INEC. (2024). *INEC ESTIMA QUE, SEGÚN PROYECCIONES EN EL MEDIANO PLAZO, ECUADOR TENDRÁ MÁS ADULTOS MAYORES, MENOS NIÑOS Y ADOLESCENTES EN 2050* – Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/ecuador-tendra-mas-adultos-mayores-menos-ninos-y-adolescentes-en-2050/>
- Mazda. (2021). *E M O C I Ó N P U R A*.
- Mecanica. (2022). *Què es el Sensor IAT y cuàl es su funcionamiento?* - *INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ*. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-iat-y-cual-es-su-funcionamiento/>
- Molina Campoverde, J. J. (2020). *Driving Mode Estimation Model Based in Machine Learning Through PID's Signals Analysis Obtained From OBD II*. *Communications in*



*Computer and Information Science*, 1194 CCIS, 80–91. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42520-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42520-3_7)

Néstor Diego Rivera Campoverde, I., & Sc, M. (n.d.). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ*.

OMS. (2023). *Traumatismos causados por el tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Primicias. (2024). *Quito registró 10 accidentes de tránsito diarios durante 2023*. <https://www.primicias.ec/noticias/quito/accidentes-transito-ant-muertos-heridos/>

Rivera Campoverde, N., Molina Campoverde, P., & Molina Campoverde, J. (2023). Estimation of Areas with the Highest Accident Rate on the Cuenca-Loja Road According to the Driving Maneuvers. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 607 LNNS, 335–345. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24327-1\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24327-1_29)

Thomson. (2016). *Sensor de Oxígeno - MTE-THOMSON*. <https://mte-thomson.com/es/sensor-de-oxigeno/>

## **ANEXOS.**

**Fueron eliminados por recomendación del ING. Jhony para cumplir con el peso máximo de los archivos 2MB**