



**Auditoría de Seguridad Vial, en la Unidad funcional 2: Asia – Tres Puertas
(Concesión Pacifico 3), desde el Km 0+000 al Km 3+664 y del Km 7+400 al Km
13+000**

John Edwar Galeano Uribe

Código 1087494316

Daniel Stiven Quintero García

Código 20481824956

Juan David Ramírez Herrera

Código 20481826982

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Pereira, Colombia

2023

**Auditoría Seguridad Vial, en la Unidad funcional 2: Asia – Tres Puertas (Concesión
Pacífico 3), desde el Km 0+000 al Km 3+664 y del Km 7+400 al Km 13+000**

John Edwar Galeano Uribe

Daniel Stiven Quintero García

Juan David Ramírez Herrera

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Civil

Director (a):

Mag. Álvaro Mauricio Mejía Ramírez

Línea de investigación:

Infraestructura Sostenible

Grupo de Investigación:

GRESIA

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Pereira, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción	9
1. Antecedentes.....	11
2. Objetivos.....	19
2.1. Objetivo General.....	19
2.2. Objetivos Específicos.....	19
3. Justificación.....	20
4. Marco Teórico.....	22
4.1. Modelos de Causas de los Siniestros Viales.....	22
4.1.1. Familia de Modelos Epidemiológicos (organizacionales o de salud pública)	22
4.1.2. Causas de las lesiones viales (América Latina).....	24
4.2. Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030	25
4.2.1. Puntos Principales del Plan Mundial para la Seguridad Vial 2021-2030	25
4.2.2. Metas Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030.....	26
4.2.3. Enfoque de Sistemas Seguros Integrados	27
4.3. Plan Nacional de Seguridad Vial - PNSV 2013-2021.....	28
4.3.1. Objetivos del PNSV 2013-2021	29
4.3.2. Pilar Estratégico de Infraestructura	29
4.4. Auditoría de Seguridad Vial.....	29
5. Diseño Metodológico.....	31
5.1. Tipo de Investigación.....	31
5.2. Fases del Proyecto de Investigación	32
5.3. Procedimiento Metodológico	34
5.4. Operacionalización de variables.....	45

6. Resultados y Análisis de Resultados	47
6.1. Identificación de las Variables: Barreras, Señales, Entradas Perpendiculares	47
6.2. Puntos Críticos de Siniestralidad que Existen en el Tramo - Matrices de Riesgo.....	49
6.3. Puntos Críticos de Siniestralidad que Existen en el Tramo Mapas de Riesgo.....	52
6.4. Comprobación de la Coherencia del Diseño Mediante la Información Obtenida en Campo y el Software Señales.....	54
6.4.1. Clasificación de la Vía	55
6.4.2. Asignación de las Velocidades por Sector	56
6.4.3. Asignación de Velocidad a Destinos Excepcionales.....	57
6.4.4. Cambio de la Velocidad no Exclusiva del Área	57
6.4.5. Operativo para velocidades en cada tramo mediante el software Señales.	60
6.4.6. Informe de la mejora del programa Señales. Seguimiento de Datos Matemáticos.....	61
6.5. Identificación de los Sitios Críticos de Siniestralidad	69
6.5.1. Accidentabilidad	69
Conclusiones	72
Recomendaciones	75
Referencias.....	76

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Fallecidos por siniestros de tránsito en Colombia 2020 - 2021</i>	17
Figura 2 <i>Metas decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030</i>	27
Figura 3 <i>Fases del proceso cuantitativo</i>	31
Figura 4 <i>Características de las investigaciones descriptivas</i>	32
Figura 5 <i>Fases del proyecto de investigación</i>	33
Figura 6 <i>Procedimiento metodológico</i>	34
Figura 7 <i>Flujograma del trabajo de campo</i>	35
Figura 8 <i>Calificaciones tramos Km 0+000 a Km 3+664 y de Km 7+400 a Km 13+000 respecto de cada variable</i>	49
Figura 9 <i>Amenazas, vulnerabilidades y valor de riesgo para los carriles a) derecho y b) izquierdo</i>	51
Figura 10 <i>Mapas de riesgos para: a) Km 0+000 – Km 1+000; b) Km 2+000 – Km 3+000; c) Km 8+000 – Km 9+000; d) Km 10+000 – Km 11+000; e) Km 12+000 – Km 13+000</i>	53
Figura 11 <i>Velocidad por tramo</i>	59
Figura 12 <i>Operativo para velocidades (Porcentaje 85)</i>	60
Figura 13 <i>Pantallazo de software Señales</i>	62
Figura 14 <i>Curva horizontal</i>	63
Figura 15 <i>Pantallazo curva vertical</i>	64
Figura 16 <i>Pantallazo clases de áreas cruzadas</i>	65
Figura 17 <i>Pantallazo clases de sección transversal</i>	65
Figura 18 <i>Pantallazo lugares especiales</i>	66
Figura 19 <i>Pantallazo velocidad operativa</i>	66
Figura 20 <i>Pantallazo velocidad operativa</i>	67
Figura 21 <i>Planimetría en Autocad, según el software Señales</i>	68

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Modelos de causas de la siniestralidad vial</i>	22
Tabla 2 <i>Valoración variable de amenazas</i>	36
Tabla 3 <i>Valoración variable de vulnerabilidades</i>	36
Tabla 4 <i>Niveles de priorización</i>	37
Tabla 5 <i>Componente de riesgos</i>	37
Tabla 6 <i>Grados de riesgo</i>	38
Tabla 7 <i>Frecuencias de accidentes de tránsito</i>	38
Tabla 8 <i>Severidad probable</i>	38
Tabla 9 <i>Grados resultantes de riesgo</i>	39
Tabla 10 <i>Metodología análisis de velocidad</i>	39
Tabla 11 <i>Matriz sistemática de barreras de protección</i>	40
Tabla 12 <i>Matriz sistemática de señalización</i>	40
Tabla 13 <i>Matriz sistemática de riesgos físicos</i>	40
Tabla 14 <i>Matriz sistemática de los comportamientos agresivos</i>	41
Tabla 15 <i>Operacionalización Objetivo 1 Describir las variables que existen en el tramo</i>	45
Tabla 16 <i>Operacionalización Objetivo Específico 2. Establecer puntos críticos de siniestralidad que existen en el tramo</i>	45
Tabla 17 <i>Operacionalización Objetivo Específico 3. Establecer la coherencia del diseño</i>	46
Tabla 18 <i>Síntesis de la matriz de riesgos</i>	50
Tabla 19 <i>Siniestralidad</i>	70

Resumen

En el presente estudio se realizó una Auditoría en Seguridad Vial (ASV) en el tramo de la vía denominado Asia – Tres Puertas (Concesión Pacifico 3), abarcando desde el kilómetro 0+000 al kilómetro 3+664 y desde el kilómetro 7+400 al kilómetro 13+000.

Se adoptó un enfoque cuantitativo-descriptivo y se implementó un diseño de investigación estructurado en cuatro fases: la fase de planeación, la fase exploratoria, la fase de ejecución y la fase de evaluación. Durante la fase de ejecución, se llevaron a cabo visitas de campo y se recopiló información sobre las características y condiciones de los tramos de la vía en evaluación. El proceso de recopilación de datos incluyó la utilización de técnicas de inspección visual, registros fotográficos y software de apoyo.

Adicionalmente, los hallazgos encontrados en la vía objeto de estudio estuvo respaldado en documentos técnicos tales como planos, índices de siniestralidad, operativos de velocidad e incluso análisis de auditorías anteriores.

Se encontraron inconformidades en la vía, la tales como, el incumplimiento de las características de diseño en la señalización vertical, barreras de contención vehicular que no se ajustan a los estándares requeridos, entradas perpendiculares carentes de señalización adecuada y discrepancias en el diseño.

Palabras clave: ASV, vía, índice de siniestralidad, marco, solicitudes, pautas, operativos de velocidad, costos.

Abstract

In the present study, a Road Safety Audit (RSA) was conducted on the road segment known as Asia - Tres Puertas (Pacific 3 Concession), covering from kilometer 0+000 to kilometer 3+664 and from kilometer 7+400 to kilometer 13+000.

A quantitative-descriptive approach was adopted, and a research design structured into four phases was implemented: the planning phase, the exploratory phase, the execution phase, and the evaluation phase. During the execution phase, field visits were carried out, and information regarding the characteristics and conditions of the road segments under evaluation was collected. The data collection process involved the use of visual inspection techniques, photographic records, and supporting software.

Additionally, the findings identified on the road under study were supported by technical documents such as blueprints, accident rate indexes, speed enforcement operations, and even analyses of previous audits.

Nonconformities were found on the road, including non-compliance with the design features in vertical signage, vehicular containment barriers not meeting required standards, perpendicular entries lacking appropriate signage, and design discrepancies.

Keywords: RSA, road, accident rate index, framework, requests, guidelines, speed enforcement operations, costs.

Introducción

El gobierno de Colombia, a través de las Secretarías de Tránsito y Transporte de cada ciudad y con el apoyo de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, ha desarrollado prácticas encaminadas a disminuir los índices de siniestralidad vial, dando respuesta y cumplimiento a las metodologías de seguridad vial establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) durante el periodo 2021-2030.

Dentro de estas estrategias se han propuesto las auditorías en seguridad vial (ASV), las cuales son actualmente uno de los principales procesos para buscar e identificar las vulnerabilidades y amenazas que permiten calificar el riesgo de los diferentes corredores viales a nivel mundial, nacional y departamental.

En este sentido, la ASV es una herramienta que permite reducir riesgos que pueden aumentar la severidad de los siniestros viales, pues como menciona (Díaz, s.f.) la ASV es una estrategia eficaz en la que un evaluador libre y cualificado comprueba los estados de bienestar de un proyecto de vía, de una vía actual o de cualquier empresa que pueda influir en la vía o en los usuarios de la misma.

Asimismo, (Díaz, s.f.) menciona que el objetivo de una ASV es garantizar que las vías, desde su fase de diseño, se planifiquen con las medidas de bienestar ideales para todos los usuarios, confirmando que estos estándares se mantienen durante las fases de planificación, desarrollo y ejecución.

Conforme con la definición anterior las ASV son una herramienta eficaz y fundamental para garantizar la seguridad de todos los actores viales. Luego, en este trabajo se realizó una auditoría en seguridad vial, para la vía pública Asia – Tres Puertas (Concesión Pacifico 3), km 0+000 al km 3+664 y del km 7+400 al km 13+000.

Para la realización de este trabajo, se utilizaron indicadores de evaluación como referencia para estimar el riesgo en la vía, haciendo uso de elementos como planos, índices de siniestralidad, registros fotográficos y operativos de velocidad. Estos indicadores fueron esenciales para formular conclusiones, partiendo de la premisa de que se podrían detectar irregularidades en el tramo evaluado. Además, con la información recopilada y los puntos críticos identificados, se procedió a describir el tipo de vía y sus características.

Para llevar a cabo la Auditoría de Seguridad Vial (ASV), se llevaron a cabo diversas actividades, que incluyeron operativos de velocidad, la revisión del inventario de señalización, evaluación de barreras de contención vehicular y riesgos físicos, la construcción de matrices y mapas de riesgos, así como la verificación de la coherencia del diseño utilizando software especializado. Todo lo mencionado se comparó con la información obtenida de los documentos de apoyo, con el propósito de determinar la presencia de no conformidades, las cuales fueron analizadas en detalle durante el desarrollo del informe final.

Adicionalmente, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos: Descripción del Problema, en donde se establece la problemática actual de la vía; justificación, en donde se menciona la necesidad de realizar una auditoría en seguridad vial al tramo auditado; antecedentes, donde se muestran las principales investigaciones que dieron sustento al estudio; marco conceptual, en el cual se establecieron las definiciones y conceptos fundamentales para la investigación; diseño metodológico; análisis e interpretación de resultados y por último las conclusiones obtenidas del trabajo.

1. Antecedentes

La identificación de los antecedentes se logró a través de la consulta de bases de datos provenientes de universidades a nivel internacional, nacional y regional. Todas las bases de datos consultadas cuentan con información pertinente sobre la ejecución de las auditorías en seguridad vial y sus diferentes componentes, alineándose con los objetivos establecidos en esta investigación.

En el contexto internacional se destacan diferentes estudios como el desarrollado por la empresa española (IPSUM, 2020), en el cual se establecen cuatro modelos teóricos relacionados con el comportamiento de los conductores en relación con la seguridad vial. El autor menciona que el primer modelo denominado “Modelo de riesgo cero”, se centra en los determinantes motivacionales en la conducción, destacando la brecha entre el riesgo subjetivo y el objetivo como un factor clave en los accidentes viales. Asimismo, el segundo, el “Modelo de amenaza-evitación”, se enfoca en cómo los conductores responden a estímulos amenazantes y la importancia de las respuestas anticipadas para reducir la siniestralidad. El tercer modelo, la “Teoría homeostática o de compensación de riesgo”, se centra en la percepción subjetiva del riesgo y cómo los conductores ajustan su comportamiento para mantener un nivel de riesgo tolerado. Por último, el cuarto modelo “Modelo jerárquico”, aborda dimensiones como el entorno físico, la representación interna del conductor y la percepción, destacando la influencia de motivaciones y expectativas en las decisiones de conducción.

Por otro lado, (Guido, Pace, Restivo, & Bertotti, 2008) desarrollaron un manual de seguridad vial que abarca diversos aspectos relacionados con las ASV. En el manual, se establece la terminología relacionada con las Auditorías de Seguridad Vial (ASV), se identifican los desafíos en materia de seguridad vial a nivel internacional, se describen los elementos

esenciales para la circulación en carreteras y se enuncian las regulaciones críticas que deben cumplirse para asegurar un tránsito seguro. Además, los autores presentan estrategias de prevención de accidentes, como la educación vial, que imparte una formación integral a los actores involucrados, basada en valores y comportamiento social.

(Paulette, 2014) realizó una investigación que se enfocó en estudiar la evolución de las teorías relacionadas con la seguridad vial a lo largo del tiempo. El autor planteó las teorías desde una perspectiva de salud, reconociendo la importancia de abordar la seguridad vial como un factor fundamental para preservar la integridad física y la vida de las personas en las carreteras y calles. Luego, la seguridad vial no solo debe evaluarse desde un aspecto de ingenieril, sino también como un componente esencial de la promoción de la salud y el bienestar de la sociedad.

(Martínez, Sánchez, Abellán, & Pinto, 2015) investigaron la problemática de las lesiones por tráfico en la Unión Europea, destacando la importancia de estimar los costes humanos relacionados con estos siniestros. Los autores llevaron a cabo dos estudios para calcular el valor de la vida estadística y el valor monetario de una víctima no mortal en España. Para ello, utilizaron el método de valoración contingente, y aplicaron un enfoque encadenado para abordar la insensibilidad de las respuestas a la magnitud del riesgo. Los resultados indicaron un valor de vida estadística de 1.3 millones de euros para prevenir fallecimientos y lesiones no mortales en comparación con otros países europeos. Se sugirió la actualización regular de estos valores en función del producto interno bruto (PIB) y una revisión cada diez años debido a cambios en las preferencias de los ciudadanos.

(Cabrerizo, Campos, & Pérez, 2016) plantearon un modelo para determinar la probabilidad de que un conductor colisione con un peatón. El modelo contempla la evaluación de

la velocidad vehicular, las regulaciones de tránsito, la configuración de la carretera y la presencia de peatones en la vía.

A nivel nacional se destacan los trabajos de (Chacón & Sáenz, 2016; Vera, 2020), quienes presentaron los antecedentes de las primeras auditorías viales en Colombia, que fueron realizadas en el año 2000. Cabe resaltar que para este período no existían políticas claras en el país sobre las ASV, no obstante, estas se incorporaron algunos proyectos viales.

(Alarcón, 2015) analizó las listas de chequeo implementadas en otros países y realizó una auditoría en la carretera Chiquinquirá – Tunja. El autor adaptó las listas de chequeo a las condiciones locales y propuso tres niveles de severidad para las deficiencias viales. La auditoría reveló problemas como el incumplimiento de las normas en los laterales de la carretera, falta de medidas de protección para usuarios vulnerables, y problemas con la señalización y las barreras de seguridad metálicas en la carretera Chiquinquirá - Tunja.

(Ocampo, Ospina, & & Suárez, 2018) realizó una investigación en donde se evaluó la relación entre la seguridad vial y los derechos fundamentales constitucionales. El autor examinó las declaraciones de la Corte Constitucional relacionadas con la seguridad vial y cómo estas se conectan directamente con la protección de derechos fundamentales como la seguridad, la vida, la integridad y la libertad.

(Toquica, Pérez, & Rincón, 2020) analizaron las instituciones públicas y la normativa relacionada con la seguridad vial en Bogotá, utilizando para ello la teoría de Carles Ramió, el método de análisis de textos normativos de Alberto Gordillo y la guía del Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia. Se encontró que, a pesar de la evolución histórica de la normativa nacional, la accidentalidad vial sigue siendo un problema de salud pública, por lo

cual el autor propuso recomendaciones para fortalecer la política pública de seguridad vial en Colombia.

El (Ministerio de Transporte, 2019) a través de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) estableció un programa de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial en 25 departamentos de Colombia, con el propósito de identificar riesgos en 2.195 kilómetros de carreteras nacionales. La entidad conformó un equipo interdisciplinario de expertos en seguridad vial, diseño de carreteras e ingeniería del transporte para llevar a cabo inspecciones en el terreno, analizar la problemática de cada tramo y proponer acciones para mitigar los riesgos identificados. Adicionalmente, la ANSV estableció el programa de “Pequeñas Grandes Obras”, enfocado en la prevención y reducción de la siniestralidad vial, especialmente en zonas de alto tránsito, con la postulación de 1.284 puntos críticos.

Por otro lado, a nivel regional se destacan trabajos como el de (Castaño, Rojas, & López, 2020) quienes realizaron una auditoría en seguridad vial en la ruta 25 nacional tramo 2507 pacífico tres - unidad funcional 1, la Virginia- Asia km 30+000 hasta km 26+700. Los autores encontraron que la vía tiene un bajo índice de siniestralidad, con solo 4 heridos y un fallecido en el periodo correspondiente al 2018-2020. Mediante matrices de riesgo se identificó que el tramo auditado presenta un riesgo tolerable, por lo cual se propusieron acciones enfocadas a la educación vial (especialmente para peatones, ciclistas y motociclistas), instalación de barreras de contención vehicular, adecuación de entradas y salidas perpendiculares a la vía y mantenimiento preventivo. Los investigadores resaltaron la necesidad de prestar atención a las barreras de contención vehicular, ya que algunas están ausentes o no cumplen con los estándares de tamaño y posición, por lo cual se incrementa el riesgo de volcamiento para los actores viales.

(Moreno & Gómez, 2020) encontraron resultados similares al realizar una auditoría en seguridad vial en la ruta nacional 2507- Pacífico Tres Unidad Funcional Uno - del Km 15+000 Al Km 21+000. Los autores reportaron la necesidad de instalar barreras de contención vehicular en tramos de la vía con desniveles superiores a un metro. Adicionalmente, se menciona la importancia de mejorar las intersecciones perpendiculares con carriles de desaceleración y aceleración, así como mejorar la señalización vertical y horizontal. En términos generales el autor identificó un diseño adecuado y consistente en la vía auditada. No obstante, se propuso realizar mantenimiento preventivo y correctivo en la señalización deteriorada.

Finalmente, a través del desarrollo de estos antecedentes se plantea la situación problema de este trabajo:

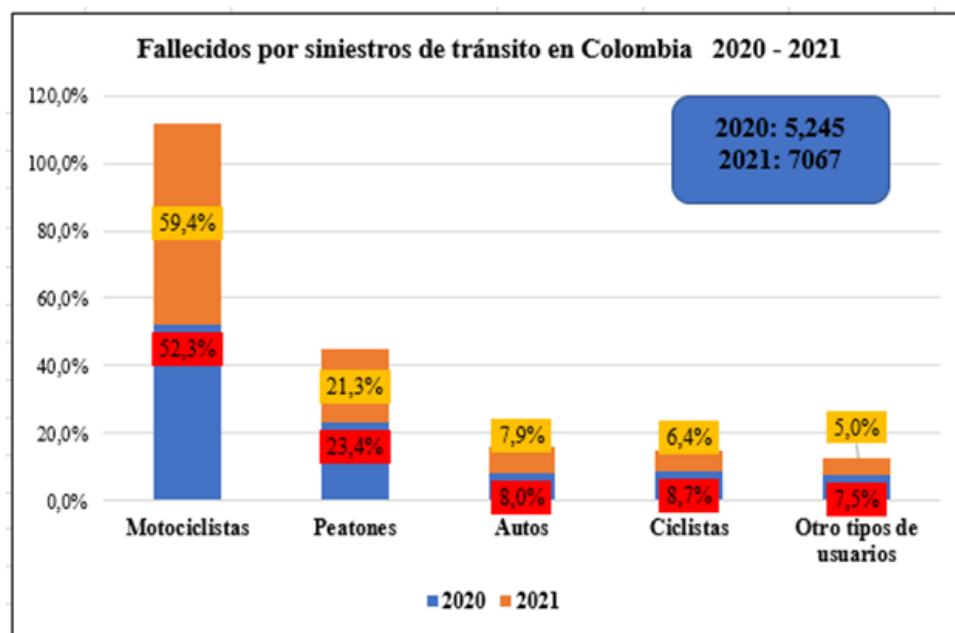
En cuanto a la infraestructura vial terrestre en la cual se mueve el 70% de la carga y el 85% de la población, podría decirse desde una perspectiva económica que la mejora de este aspecto incrementaría considerablemente la eficiencia de los mercados a nivel nacional. La inversión en infraestructura vial, según (Vásquez, 2016; Durango, 2016), no solo favorece el crecimiento de sectores productivos como la industria, el comercio y la agricultura, sino que también facilita la integración del comercio exterior, impulsando las exportaciones e importaciones de productos y materias primas y favoreciendo el fortalecimiento de la economía del país y su inserción en la economía global.

La inversión en infraestructura vial debe realizarse de manera organizada, procurando que las vías se adapten a los planes de ordenamiento territorial y cumplan con las especificaciones técnicas capaces de garantizar la seguridad vial de los usuarios de las carreteras. No obstante, la (Organización Mundial de la Salud, 2021) menciona que una de las principales problemáticas socioeconómicas que afronta la población mundial está relacionada con el

crecimiento descontrolado de la sociedad y el poco ordenamiento de la infraestructura civil, lo cual desencadena una alta siniestralidad que deja anualmente más de 1.3 millones de víctimas fatales.

Esta problemática también es reflejada en Colombia, en donde según cifras del (Observatorio Nacional de Seguridad Vial - ONSV, 2022) para los años 2020 a 2021 se pasó de 5245 fallecidos por siniestros viales a 7067, representando un crecimiento del 35%. Estas estadísticas son mostradas en la figura 1, en donde puede notarse que los siniestros en carreteras colombianas se dan principalmente por motociclistas, correspondiendo al 59.4% de los casos reportados. En segundo lugar, se ubican los peatones con un 21.3%, seguidos por los conductores de automóviles con un 7.9%. Los ciclistas ocupan el cuarto lugar con un 6.4% de los siniestros. Finalmente, los usuarios del transporte de carga, los pasajeros y otros tipos de usuarios, como las llamadas “máquinas amarillas” (tractores, grúas, retroexcavadoras, etc.), tienen porcentajes más bajos en comparación con los otros actores viales, pero sus porcentajes no son menos significativos en términos de seguridad vial.

Figura 1 Fallecidos por siniestros de tránsito en Colombia 2020 - 2021



Con base en la problemática descrita anteriormente, en este trabajo se aplicó una auditoría en seguridad vial a las variables de infraestructura, barreras de contención vial, señalización, diseño geométrico (consistencia de diseño) en la Unidad funcional 2 (Concesión Pacifico 3) desde el km 0+000 hasta el km 3+664 y del km 7+400 hasta el km 13+000. El diagnóstico de la auditoría proporcionó un conjunto completo de criterios para evaluar posibles inconsistencias, deficiencias en el mantenimiento y su relación con los siniestros viales en el tramo auditado. Es importante destacar que, hasta la fecha, no se ha realizado ninguna auditoría o inspección vial en esta carretera, y tampoco se cuentan con cifras oficiales actualizadas sobre la siniestralidad en el área. Por tanto, esta investigación es fundamental para contribuir a la reducción de los elevados índices de accidentes de tránsito en el país.

Por lo anterior se formula la siguiente pregunta problema: ¿Al realizar una Auditoría en Seguridad Vial de la señalización, barreras de contención vehicular y diseños geométricos de la vía, Unidad funcional 2 (Concesión Pacifico 3) desde el km 0+000 hasta km 3+664 y del km

7+400 hasta km 13+000, se podrá determinar, cuál o cuáles de estas variables pueden ser causantes de siniestros en esta vía, si el estado de la infraestructura o si el actuar de algunos usuarios puede inferir también en ello?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Realizar una Auditoría en Seguridad Vial, en el tramo comprendido entre el km 0+000 - km 3+664 y del km 7+400 -km 13+000 de la Unidad funcional 2 (Concesión Pacifico 3).

2.2. Objetivos Específicos

- Describir las variables: barreras de contención vehicular, señales verticales y horizontales y accesos perpendiculares al eje de la vía. Para estructurar las matrices y mapas de riesgo con el software ArcGIS.
- Establecer los puntos críticos de siniestralidad que existen en el tramo.
- Comprobar la coherencia del diseño mediante la información obtenida en campo y software Señales.

3. Justificación

El creciente y desbordado número de siniestros ocasionados por diversos factores involucrados en el tránsito ha logrado el consenso de todos los países asociados a la Organización de las Naciones Unidas. (ONU) y a la Organización Mundial de la Salud. (OMS), que buscan disminuir el índice de siniestralidad. Según la (Organización Mundial de la Salud, 2004) los siniestros viales son la cuarta causa de fallecimientos en el mundo, de no emprenderse las acciones pertinentes se prevé que, en 2030 las lesiones causadas por el tránsito sean el tercer responsable de la carga mundial de morbilidad y lesiones, por lo que los accidentes de tránsito fueron declarados un problema de salud pública.

En este sentido, cualquier herramienta que sea utilizada para disminuirla la siniestralidad vial es causa suficiente para justificar la aplicación de ellas sin tener en cuenta el costo de su aplicación. Esto debido a que es más importante salvar vidas y disminuir los siniestros que los costos ocasionados a las economías del mundo por hospitalizaciones, incapacidades, pagos de seguros y daños a la infraestructura.

Por otro lado, al no cumplirse las metas establecidas en Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, el 31 de agosto de 2020, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la resolución A/RES/74/299 sobre el mejoramiento de la seguridad vial en el mundo, llamado “Proclamación de una segunda década de acción para la seguridad vial 2021 – 2030”, y cuyo nuevo objetivo para reducir las muertes y lesiones en las carreteras es el mismo de lograr un 50%, pero extendido hasta el año 2030.

Colombia atendiendo dicho llamado implementó en el año 2012 el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016 mediante Resolución 1282 como documento directriz y en ellos presentó cinco pilares para la reducción de siniestralidad.

Uno de sus pilares, el de infraestructura, contiene la realización de las auditorías en seguridad vial para determinar las condiciones de las vías y de sus usuarios, bajo aspectos de costos, economía y bienestar, algunas de las metas esperadas de este pilar son:

- Reducción de la posibilidad de accidentes, y en caso de que ocurran, disminuir la gravedad de los mismos.
- Disminuir los gastos relacionados con reparaciones de la infraestructura.
- Disminución de costos por mantenimientos correctivos a la infraestructura.
- Infraestructura diseñada y construida para el tránsito seguro de todos los actores viales.
- Menor costo para las empresas constructoras, administradoras y la comunidad.
- Buen flujo de tránsito disminuyendo los embotellamientos y largas esperas (trancones).

De acuerdo a lo anterior se considera que es justificable la realización de una Auditoría en Seguridad Vial, a las variables, barreras de contención vehicular, señalización y consistencia de diseño a la unidad funcional 2 de la Concesión Pacifico 3, abscisas Km 0+000 al Km 3+664 y del Km 7+400 al Km 13+000. Para así tener los criterios que determinaran si una o varias de estas variables presentaran inconsistencias, falta de mantenimiento y / o son causa de siniestros viales y además teniendo en cuenta que sobre la vía y específicamente este tramo no se ha realizado ninguna auditoría o inspección vial.

Para la ANI y la Concesionaria Pacifico 3, el informe final de esta auditoría les servirá como un insumo que les permite conocer la situación actual de la vía y que de acuerdo con los hallazgos y recomendaciones se puedan aplicar los correctivos correspondientes de acuerdo con lo propuesto.

4. Marco Teórico

4.1. Modelos de Causas de los Siniestros Viales

Hollnagel (2003), Citado por (Tabasso, 2014), fue quien ordenó la gran multitud de modelos sobre siniestralidad conocidos, lo hizo agrupándolos en tres grupos o familias ver tabla 2, luego Tabasso agregó un cuarto grupo (modelo predictivo), debido a su relevancia en la determinación de objetivos, la sincronización de estrategias y la elaboración de medidas planificadas. La tabla 2 muestra los cuatro modelos.

Tabla 1 Modelos de causas de la siniestralidad vial

Familia	Principios de la investigación	Principios de la prevención
Secuencial	El operador y/o la falla de la máquina o componentes	Mejoramiento de conducir del operador y de la calidad de la máquina y sus componentes
Epidemiológica	Falta o debilidad de barreras	Instalación y fortalecimiento de barreras
Sistémica	Pérdida del control del sistema	Apoyos para el mantenimiento del control del sistema
Predictiva	Identificación de factores de riesgo comunes a conjuntos significativos de siniestros	Actuación proactiva para modificar la incidencia de los factores de riesgo identificados

Fuente. Adaptación propia a partir de (Huang, 2007), citado por (Tabasso, 2014).

4.1.1. Familia de Modelos Epidemiológicos (organizacionales o de salud pública)

La necesidad de desarrollar enfoques conceptuales más robustos para abordar la comprensión de los accidentes llevó a la creación de modelos epidemiológicos, que también se conocen como modelos organizacionales y de salud pública. Estos modelos como menciona (Hollnagel, 2001, citado en (Tabasso, 2014)), se pueden percibir como una ampliación de los modelos secuenciales, ya que aún consideran la evolución de los accidentes de manera lineal, pero de una manera más completa.

Los modelos epidemiológicos en auditorías de seguridad vial son herramientas que aplican principios y métodos epidemiológicos para analizar y comprender la dinámica de los siniestros de tránsito y las lesiones asociadas. De acuerdo con (IPSUM, 2020), dentro de los modelos epidemiológicos más importantes se encuentran:

- a) **Modelo Clínico Matricial de Haddon:** Este modelo se centra en la transferencia de energía en los accidentes de tránsito y considera que la energía cinética es el agente patógeno. Las lesiones ocurren cuando la energía cinética se transfiere a las víctimas de una manera que el cuerpo humano no puede tolerar. El modelo busca actuar sobre las fallas latentes para prevenir incidentes y se enfoca en tres niveles de prevención: primaria, secundaria y terciaria.
- b) **Modelos del Factor Humano:**
 - **Modelos de Habilidades:** Estos modelos ven la conducción como un conjunto de habilidades medibles y cuantificables que permiten el control efectivo de un vehículo.
 - **Modelos Cognitivos:** Se centran en la atención y distinguen entre niveles automáticos y controlados de atención en la conducción.
 - **Modelos de Falla Simultánea de Reason:** Este modelo utiliza un enfoque sistémico para comprender los errores humanos y se centra en las fallas latentes y activas en la prevención de accidentes.
 - **Modelos Motivacionales:** Estos modelos enfatizan la motivación y las creencias de los individuos como determinantes clave del comportamiento. Consideran que las medidas preventivas deben abordar los aspectos motivacionales de los conductores.
- c) **Modelos Sistémicos:** Estos modelos ven los siniestros viales como el resultado de múltiples factores interconectados en un sistema. Se alejan de la causalidad lineal y

consideran que los accidentes ocurren cuando el sistema no cumple con los requisitos del entorno. Ejemplos de estos modelos incluyen Visión Zero de Suecia y otros programas europeos de seguridad vial.

- d) Modelos Predictivos:** Estos modelos analizan datos del pasado para predecir tendencias futuras en la siniestralidad vial. Utilizan métodos econométricos y estadísticas para identificar variables y factores de riesgo relacionados con la siniestralidad.

4.1.2. Causas de las lesiones viales (América Latina)

De acuerdo con el (Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2013) con datos suministrados por la (Organización Mundial de la Salud, 2018) 50 millones de traumatismos graves como resultado de siniestros viales superan en más del doble a las cifras observadas en países de ingresos elevados, alcanzando una tasa de 19.2 fallecidos por cada 100.000 habitantes. En términos generales, se calcula que en la región, los costos atribuibles a los siniestros de tráfico oscilan entre el 1% y el 5% del Producto Interno Bruto (PIB).

Los siniestros ocurridos en las carreteras tienen múltiples causas, entre las que se incluyen factores relacionados con la infraestructura vial. Según una investigación realizada por Harwood y Hummer en 2000, citada por (Asprilla, Rey, & Zamir, 2015), estos factores están relacionados con el diseño geométrico de las carreteras, que es de vital importancia para determinar la eficiencia operativa de las vías y ejercer una influencia en las operaciones de transporte y la seguridad vial. Algunos de los elementos estructurales de mayor contribución al incremento de siniestros viales incluyen: el número y el ancho de los carriles, la presencia y el ancho de las bermas, el alineamiento horizontal y vertical de la carretera, y la señalización.

El diseño de carreteras seguras debe estar orientado hacia la seguridad del usuario, buscando constantemente minimizar la probabilidad de salidas de la vía y colisiones frontales y laterales. Esto implica considerar factores como la visibilidad, la capacidad de maniobra de los vehículos y la implementación de medidas de control de velocidad, así como la correcta señalización y el mantenimiento adecuado de la infraestructura. En última instancia, el diseño geométrico de las vías desempeña un papel esencial en la protección de los usuarios de la carretera y la reducción de los riesgos asociados a los siniestros viales.

4.2. Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030

Según las (Organización de las Naciones Unidas, 2022), el 31 de agosto de 2020, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la resolución A/RES/74/299 sobre el mejoramiento de la seguridad vial en el mundo. La resolución se basó en la Declaración de Estocolmo acordada en la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial en febrero de 2020. En ella se estableció un nuevo objetivo de seguridad vial para los próximos 10 años y se proclama el Segundo Decenio de Acción para la Seguridad Vial, de acuerdo con la (Organización Mundial de la Salud, 2021).

4.2.1. Puntos Principales del Plan Mundial para la Seguridad Vial 2021-2030

Dentro de los aspectos principales del plan mundial para la seguridad vial se resaltan los siguientes:

- Reducir a la mitad las muertes y lesiones en las carreteras para 2030.
- Elaboración de un plan de acción integral. Se enfatiza la necesidad de que los países miembros adopten una perspectiva de seguridad vial holística,

considerando aspectos medioambientales, de movilidad, igualdad, género y planificación urbana.

- Se recomienda que los países promuevan medios de transporte de alta calidad, amigables con el medio ambiente, seguros, accesibles y asequibles, para proteger y fomentar la seguridad de todos los actores viales.
- Se hace un llamado a prestar atención prioritaria a los usuarios vulnerables de las vías, como niños, jóvenes, personas de edad avanzada y personal con movilidad reducida.
- Se propone un enfoque basado en un sistema seguro, en aras de alcanzar cero siniestros de tránsito. Esta propuesta es respaldada por datos estadísticos.
- Se insta a los países miembros a actualizar y aplicar regulaciones para mejorar la seguridad de los vehículos, las directrices para los conductores y la infraestructura vial, con el objetivo de abordar los comportamientos de riesgo.
- Se subraya la importancia de considerar el acompañamiento social a las víctimas de siniestros viales.
- Se hace un llamado a la colaboración entre gobiernos, la academia, las entidades privadas y demás actores para lograr los objetivos establecidos, reconociendo que los gobiernos tienen una responsabilidad primordial en la seguridad vial.

4.2.2. Metas Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030

La figura 2 muestra cada una de las metas de seguridad vial para el decenio 2021-2030, resaltándose el interés por disminuir a un 50% la cantidad de accidentes de tráfico y muertes asociadas a los mismos.

Figura 2 Metas decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030



Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2021)

4.2.3. Enfoque de Sistemas Seguros Integrados

El ser humano, los vehículos y la infraestructura de carreteras deben interactuar de manera que se garantice un alto grado de protección. En este sentido, un sistema seguro anticipa y minimiza los errores humanos, incorpora diseños de carreteras y vehículos que limitan las fuerzas de impacto a niveles que están dentro de la tolerancia humana para evitar fallecimientos y lesiones graves, motiva a quienes diseñan y mantienen las carreteras y fabrican los vehículos, administra la seguridad repartiendo la responsabilidad en caso de siniestro, y persigue un compromiso de continua mejora de carreteras y vehículos.

Bajo esta perspectiva, puede decirse que enfoque de sistemas seguros integrados reconoce que la seguridad vial no depende de un solo factor o una sola medida, sino que es el resultado de múltiples elementos interconectados, como el diseño de carreteras, el comportamiento del conductor, la seguridad de los vehículos y factores ambientales.

Al adoptar un enfoque de sistemas seguros integrados, se mejorará la seguridad vial en su conjunto, tomando para ello evidencias, datos y prácticas, capaces de reducir efectivamente el riesgo de siniestros de tránsito.

4.3. Plan Nacional de Seguridad Vial - PNSV 2013-2021

En respuesta a las iniciativas para la seguridad vial propuestas por la (Organización Mundial de la Salud, 2021) y de acuerdo con el plan de gobierno nacional, se ha establecido la seguridad vial como una prioridad y una política de Estado. En Colombia, esta medida se concretó a través de la Resolución 1282 del 2012 impuesta por el (Ministerio de Transporte, 2013), la cual dio lugar al Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV) 2013-2021.

El PNSV se ha convertido en una guía estratégica que orienta y promueve medidas efectivas que incentivan la formulación e implementación de políticas y acciones destinadas a la reducción de víctimas de accidentes de tránsito en las regiones, departamentos y municipios del país. Según el (Ministerio de Transporte, 2013), para lograr este objetivo, en Colombia se ha incorporado la metodología desarrollada por William Haddon, que ha contribuido a definir la estructura, la visión, los objetivos, los indicadores y otros aspectos fundamentales para la seguridad vial.

4.3.1. Objetivos del PNSV 2013-2021

El Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV) 2013-2021 tiene como objetivos principales reducir la tasa de siniestros de tránsito y sus consecuencias; promover la cultura de la seguridad vial; mejorar la infraestructura vial y el transporte público; fortalecer la regulación y la vigilancia de las normas de tránsito; fomentar la educación y concienciación de conductores y peatones. Estos objetivos se desarrollan con el fin último de la protección de la vida e integridad de todos los usuarios de las vías del país.

4.3.2. Pilar Estratégico de Infraestructura

De acuerdo con (Cultura vial, 2022), el pilar de infraestructura se enfoca en la regulación, implementación y evaluación de aspectos fundamentales para asegurar la planificación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura vial, priorizando la seguridad y la movilidad de peatones, motociclistas, ciclistas y personas con discapacidad. Se destaca la implementación de un sistema de gestión vial para evaluar la seguridad de la infraestructura, la regulación de auditorías de seguridad vial a nivel nacional, la definición de especificaciones para el diseño y mantenimiento de la infraestructura no regulada en el país, y la elaboración de una metodología adecuada para señalización de velocidad en áreas urbanas. Por último, se promueve, a nivel municipal, la construcción de nueva infraestructura segura para peatones, especialmente a través de planes de desarrollo, planeamiento y ordenamiento territorial y movilidad.

4.4. Auditoría de Seguridad Vial

Inicialmente, las auditorías en seguridad vial se enfocaron en la reducción de siniestros en carreteras, mostrando una visión proactiva acerca de la mitigación de la problemática de

seguridad vial. Por otro lado, el análisis usual de los puntos negros se estableció como una visión más reactiva, considerándose el resultado final de una falla por parte de los proyectistas para reconocer las totales implicaciones de seguridad de su trabajo.

No obstante, el concepto ha cambiado y ha adoptado un punto de vista integral, pues como menciona (Tay, Choi, & Demosthenous, 2015), las AVS pueden verse como un proceso sistemático de revisión y evaluación de la infraestructura vial para identificar posibles riesgos y deficiencias que puedan comprometer la seguridad de todos los usuarios de la carretera. El objetivo principal es prevenir accidentes de tráfico y promover entornos viales más seguros.

Por otro lado, según (Austroads, 2002) las auditorías en seguridad vial son:

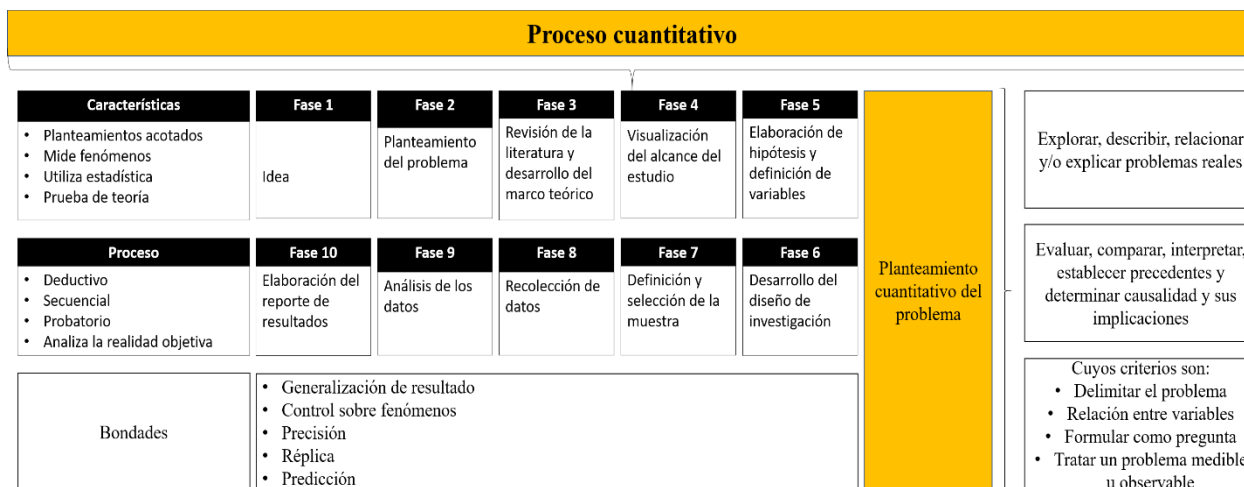
“Un examen formal de un camino existente o futuro o proyecto de tránsito, o cualquier proyecto que interactúe con usuarios viales, en el cual un examinador independiente y calificado busca en el proyecto la probabilidad de siniestros y el comportamiento a la seguridad”.

5. Diseño Metodológico

5.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación de este estudio es cuantitativo-descriptivo. Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) en los estudios cuantitativos se realiza una investigación por fases (en forma rigurosa), un planteamiento definido en modo, lugar y tiempo, midiendo fenómenos reales acaecidos en un lugar determinado, utilizando para ello herramientas matemáticas o estadísticas. La figura 3 muestra las fases del proceso cuantitativo.

Figura 3 Fases del proceso cuantitativo

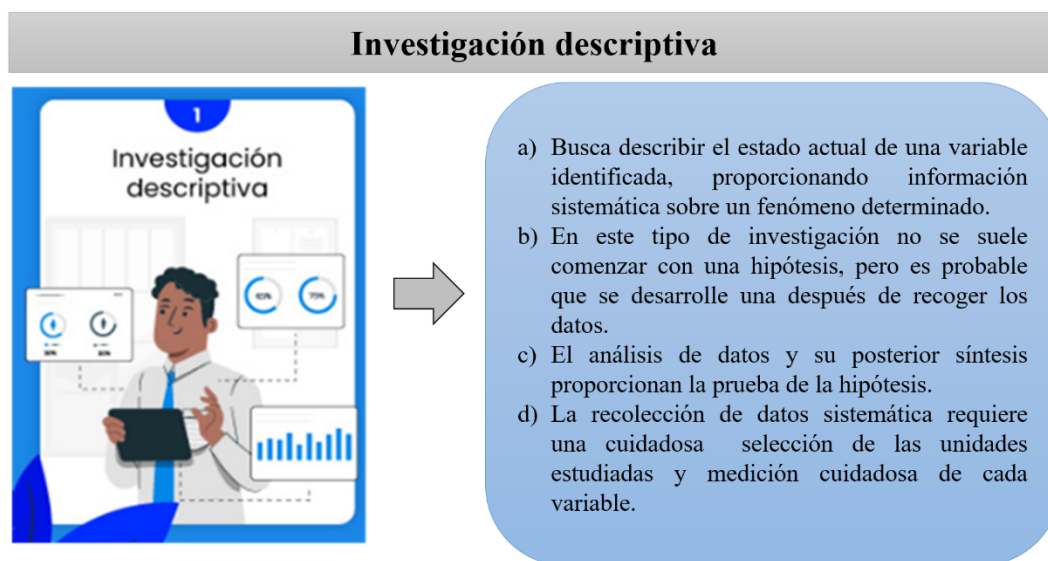


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al enfoque descriptivo (Pérez, 2002) tiene como finalidad primordial la caracterización de un fenómeno o la relación que existe entre dos o más variables, sin que ello conlleve necesariamente la pretensión de establecer relaciones de causa y efecto entre las mismas. Asimismo, (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) consideran que mediante la investigación descriptiva se responde a la pregunta problema, cumpliendo con los objetivos planteados, pero sin alterar la esencia de las variables u objetos estudiados.

La figura 4 resume los objetivos de las características de las investigaciones descriptivas.

Figura 4 Características de las investigaciones descriptivas



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Fases del Proyecto de Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se llevaron a cabo cuatro fase o etapas, denominadas: planeación, exploratoria, de ejecución y evaluativa. Las actividades correspondientes a cada etapa son mostradas en la figura 5.

Figura 5 Fases del proyecto de investigación

Fase del proyecto	
I. Fase planeación	a) Plantear el problema (elegir tramo para realizar una ASV). b) Justificar la importancia de realizar la ASV a ese tramo. c) Plantear los objetivos de la ASV <ul style="list-style-type: none"> • Definir el objetivo general • Plantear los objetivos específicos d) Investigar los antecedentes de acuerdo al objetivo de la ASV. e) Describir el marco teórico y conceptual.
II. Fase exploratoria	a) Elegir la metodología adecuada para la realización de la ASV. b) Operacionalizar de las variables. c) Seleccionar las herramientas requeridas para el trabajo de campo.
III. Fase de ejecución	a) Describir el tramo. <ul style="list-style-type: none"> • Diligenciar lista de chequeo. b) Investigar histórico de siniestralidad y tabular su información. c) Seleccionar variables de amenazas y riesgos de la matriz. <ul style="list-style-type: none"> • Diligenciar matrices de riesgo (calificar). d) Seleccionar software gráfico para digitalizar los mapas de riesgos y crearlos. e) En trabajo de campo realizar inventario fotográfico de: <ul style="list-style-type: none"> • Barreras. • Señalización horizontal y vertical. f) Seleccionar hallazgos relevantes del inventario fotográfico. g) En trabajo de campo realizar operativo de velocidad. h) Ingresar información de operativo de velocidad al software Señales. i) Generar informes <ul style="list-style-type: none"> • Graficar información de informes. j) Realizar comparativo del registro fotográfico vs. informe software Señales.
IV. Fase evaluativa	a) Describir hallazgos del tramo. b) Analizar la siniestralidad del tramo. c) Analizar resultados de la matriz de riesgo. d) Analizar resultados de mapas de riesgo e) Describir los hallazgos relevantes del inventario fotográfico. f) Analizar resultados de informes software Señales y de sus gráficos. g) Analizar el comparativo del registro fotográfico vs. Informes software Señales. h) Realizar conclusiones del análisis. i) Realizar recomendaciones de los hallazgos de la ASV.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Procedimiento Metodológico

La figura 6 describe el procedimiento metodológico de la investigación, en donde se relacionan las actividades planteadas con cada uno de los objetivos propuestos.

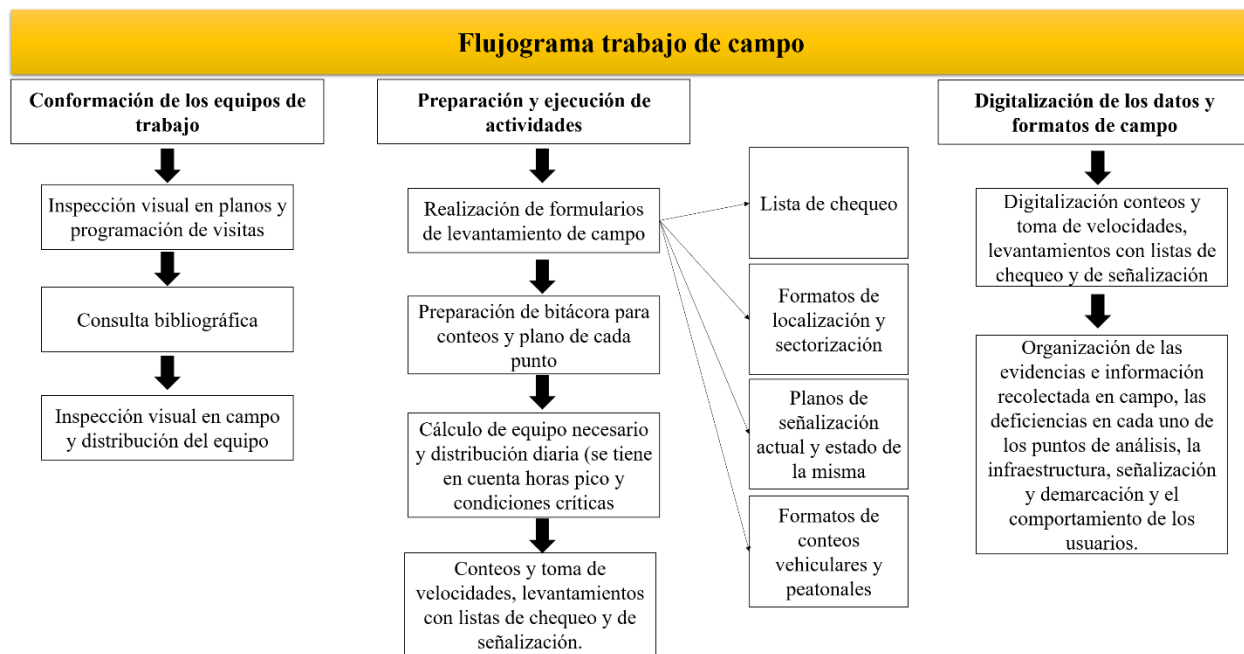
Figura 6 *Procedimiento metodológico*

Procedimiento metodológico	<p>Objetivo Específico 1 Describir las variables: barrera de contención vehicular, señales verticales y horizontales y accesos perpendiculares al eje de la vía para estructurar las matrices y mapas de riesgo con el software ArcGIS.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar las variables geométricas que se encuentren en el tramo. 2. Definir las variables geométricas de diseño e incorporarlas a la lista de chequeo. 3. Realizar visitas de campo para tener tomas de inventario fotográfico diurno y nocturno de las variables que no cumplen con las normas y describirlas. 4. Realizar las matrices de acuerdo con variables geométricas seleccionadas y vulnerabilidades encontradas.
	<p>Objetivo Específico 2 Establecer los puntos críticos de siniestralidad que existen en el tramo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigar la siniestralidad de la vía. 2. Graficar y analizar la siniestralidad de la vía. 3. Calificar las matrices de acuerdo con: a) listas de chequeo, b) siniestralidad, c) inventario fotográfico. 4. Analizar los resultados de las matrices de riesgo. 5. Elaborar mapas de riesgo.
	<p>Objetivo Específico 3 Comprobar la coherencia del diseño mediante la información obtenida en campo y software Señales-</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar en campo operativos de velocidades. 2. Digitalizar la información del operativo de velocidad en el software Señales. 3. Generar informe de software señales: a) por tramos, b) por tipo de vehículo, c) velocidad en sitios especiales. 4. Analizar los resultados obtenidos del software señales. 5. Realizar comparativo entre el informe de señalización, inventario fotográfico vs software Señales.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 7 esquematiza el procedimiento general de las actividades de campo desarrolladas.

Figura 7 Flujograma del trabajo de campo



Fuente: ASV (2016)

Dado que la determinación del nivel de riesgo de las vías, es fundamental para conocer el grado de vulnerabilidad que presentan los actores en las carreteras, a continuación, se describe a detalle el procedimiento para la obtención de matrices de riesgo.

a) Determinación del Nivel de Riesgo

En primer lugar, se procede a determinar la valoración de las amenazas, teniendo en cuenta la tabla 2.

Tabla 2 Valoración variable de amenazas

Valoraciones variables		
Amenazas		Calificación
Escala	Descripción	1
(1) Baja	La infraestructura y las condiciones operacionales presentan niveles moderados de peligrosidad, con bajas posibilidades de ocasionar víctimas o lesionados en caso de un accidente	1
(2) Media	Los elementos físicos de la vía, y las condiciones operacionales de la infraestructura presenta deficiencias moderadas, con posibilidades de ocasionar lesiones leves o moderadas a las víctimas de un posible accidente	2
(3) Alta mitigable	Los elementos de la infraestructura presentan deficiencias físicas y operacionales serias con alto potencial de ocasionar lesiones graves a las víctimas de un accidente, con características de modificación parcial.	3
(4) Alta no mitigable	Los elementos de la infraestructura presentan deficiencias físicas y operacionales serias con alto potencial de ocasionar lesiones graves a las víctimas de un accidente, con características de modificación total	4

Fuente: (Bustamante, 2006).

Adicionalmente, debe llevarse a cabo la valoración de la vulnerabilidad y para ello se tuvo en cuenta la tabla 3.

Tabla 3 Valoración variable de vulnerabilidades

Valoraciones variables		
Vulnerabilidad		Calificación
Escala	Descripción	
(1) Baja	Los usuarios vulnerables como peatones, ciclistas, motociclistas y pasajeros no están expuestos a sufrir lesiones serias, o su frecuencia es baja.	1
(2) Media	Los usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas son frecuentes, pero su exposición durante sus recorridos e interacción con la vía puede ocasionarle lesiones moderadas durante un posible accidente.	2
(3) Alta mitigable	Los usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas son frecuentes, y están expuestos a sufrir serias lesiones en sus recorridos o en su interacción con la vía.	3
(4) Alta no mitigable	Los usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas son frecuentes, y están expuestos a sufrir serias lesiones en sus recorridos o en su interacción con la vía, que pueden ocasionarle la muerte.	4

Fuente: (Bustamante, 2006).

A continuación, se determinan los grados de priorización del tratamiento, considerando la tabla 4.

Tabla 4 Niveles de priorización

Niveles de priorización	
(1) Urgente	Acciones que deben realizarse, lo más rápido posible, con el fin de proteger la vida y la integridad de usuarios vulnerables, en los cuales ya han ocurrido accidentes con víctimas involucradas.
(2) Importante	Acciones que deben realizarse para mejorar las condiciones de seguridad en la circulación, con riesgo de ocurrir accidentes sin víctimas y puede ser prorrogado con medidas de control transitorias.
(3) Deseable	Medidas que mejoran las condiciones de seguridad, pueden ser prorrogables sobre otras acciones, pero que no deben ser omitidas.

Fuente: (Chacón & Sáenz, 2016)

También es importante evaluar la escala de calificaciones de cada componente de riesgo, según la tabla 5.

Tabla 5 Componente de riesgos

Componentes	Calificación			
	Baja	Media	Alto mitigable	Alto no mitigable
Amenaza	1	2	3	4
Vulnerabilidad	1	2	3	4
Nivel de riesgo (A * V)	1 A 3	4 a 6	7 a 9	10 a 12

Fuente: (Chacón & Sáenz, 2016)

Luego, a partir de las amenazas y vulnerabilidades se determinan los riesgos totales, de acuerdo con la ecuación (1):

$$R = A * V \quad (1)$$

Siendo:

R = Riesgos totales;

A = Amenazas;

y V = Vulnerabilidades

Se determina el grado de cada riesgo con respecto a sus amenazas y vulnerabilidades, el cual según (Chacón & Sáenz, 2016) puede ser alto no mitigable, alto mitigable, medio, bajo (tabla 6).

Tabla 6 *Grados de riesgo*

Amenaza	Vulnerabilidad			
	Alta no mitigable	Alta mitigable	Media	Baja
Alto no mitigable	Alto no mitigable	Alto no mitigable	Alto mitigable	Medio
Alto mitigable	Alto no mitigable	Alto mitigable	Medio	Medio
Medio	Alto mitigable	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Alto mitigable	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: (Chacón & Sáenz, 2016)

Es relevante mencionar que el análisis de la seguridad del tramo a auditar también debe considerar la frecuencia con la que se presentan los siniestros viales. Para el tramo a auditar se el nivel de frecuencia de acuerdo con la escala descrita en la tabla 7.

Tabla 7 *Frecuencias de accidentes de tránsito*

Frecuencia	Descripción
Frecuente	Una vez o más por día, semana
Probable	Una vez o más por mes, año (pero menos que una vez por semana)
Ocasional	Una vez cada dos, cinco o diez años
Improbable	Menos de cada una vez diez años

Fuente: Elaboración propia.

Se consideraron las severidades probables, según el tipo de siniestro, de acuerdo con la tabla 8.

Tabla 8 *Severidad probable*

Severidad	Descripción	Ejemplos
Catástrofe	Probables muertes múltiples.	Exceso de velocidad, accidente múltiple de vehículos. Un carro se choca en un paradero de autobús. Un bus y un carro tanque de combustible chocan colisión sobre un puente o dentro de un túnel.
Serio	Probables muertes o daño serio.	Alta o media velocidad, accidente de un vehículo la colisión de un carro con media velocidad con un objeto fijo. Un peatón golpeado a una velocidad alta.

Menor	Probables daños menores.	Algunas colisiones a baja velocidad, caídas de ciclistas a baja velocidad.
Limitada	Probables daños triviales o daños materiales únicamente.	Algunas colisiones a baja velocidad. Peatones tropiezan con objetos (no hay heridas en la cabeza). Reversas de carro y choques con postes.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la metodología se determinaron los niveles de peligrosidad mediante la ecuación 2.

$$GP = C + F + P \quad (2)$$

Siendo:

GP = Grados de Peligrosidad;

C = Consecuencias;

F = Frecuencias;

P = Probabilidades

Los grados resultantes de riesgos se evaluaron según la tabla 9.

Tabla 9 Grados resultantes de riesgo

Riesgo	Frecuente	Probable	Ocasional	Improbable
Catastrófico	No mitigable	No mitigable	No mitigable	Alto mitigable
Serio	No mitigable	No mitigable	Alto mitigable	Medio
Menor	No mitigable	Alto mitigable	Medio	Bajo
Limitado	Alto mitigable	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: (Chacón & Sáenz, 2016)

a) Evaluación y Descripción de Elementos de Riesgo

Para la determinación de los niveles de velocidad de los vehículos desplazados en el tramo auditado, se realizó el procedimiento descrito en la tabla 10.

Tabla 10 Metodología análisis de velocidad

Variables	Atributo	Cómo se calcula	Ubicación	Equipo	Unidad operativa
-----------	----------	-----------------	-----------	--------	------------------

Velocidad	Velocidad moderada, velocidad excesiva y percentil 85.	Radar, programa Señales.	Dentro de todo el tramo auditado y donde se considera zona de alto riesgo.	Radar, formato, km/h, cámara m/s fotográfica.	Espacio/ tiempo
------------------	--	--------------------------	--	---	-----------------

Fuente: Elaboración propia.

En la descripción y determinación de las condiciones de las barreras de protección vehicular, se siguió el procedimiento metodológico descrito en la tabla 11.

Tabla 11 *Matriz sistemática de barreras de protección*

Variables	Atributo	Cómo se calcula	Ubicación	Equipo	Dimensiones
Barreras de protección	Cumplimiento de la longitud para la protección del usuario, tipo de terminal de las barreras de protección, altura de la barrera medida desde el nivel de rodadura hasta el nivel superior de la misma.	Se calcula mediante matriz de riesgo.	Las barreras de protección deben ser ubicadas según la guía técnica para diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular, dentro de un rango de 1V: 3H	Odómetro, cámara fotográfica, formato.	Longitud según determinación de lo que se va a proteger, en metro lineal. Altura 80 cm.

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, se presenta en la tabla 12 el procedimiento sistémico desarrollado para la evaluación de las señalizaciones:

Tabla 12 *Matriz sistemática de señalización*

Variables	Atributo	Cómo se calcula	Altura	Equipo
Señalización	Medición de reflectividad, visibilidad, altura, legibilidad, saturación.	N/A.	1.80 cm, desde el extremo inferior del tablero hasta el nivel superior de rodadura no debe ser menor de 1.80 cm zona rural y para zonas urbanas no debe ser inferior a 2 metros desde el borde del andén según el manual de señalización vial vigente.	Odómetro, cámara fotográfica, formato.

Fuente: Elaboración propia.

Para el riesgo físico se consideró la matriz descrita en la tabla 13.

Tabla 13 *Matriz sistemática de riesgos físicos*

Variables	Atributo	Cómo se calcula	Ubicación	Equipo
Riesgos físicos	Elementos contundentes como: cabezotes, obras de	Mediante matriz de riesgo	Dentro de todo el tramo auditado.	Odómetro, cámara

drenajes, postes e iluminarias, postes de vallas informativas, accesos perpendiculares, bordillos.	fotográfica, formato.
--	-----------------------

Fuente: Elaboración propia.

La identificación de los comportamientos agresivos en la vía auditada se realizó con base en la tabla 14:

Tabla 14 *Matriz sistemática de los comportamientos agresivos*

Variables	Atributo	Cómo se calcula	Ubicación	Equipo
Comportamiento agresivo	Conducta inapropiada de los usuarios como: peatones, ciclistas, motociclistas, conductores.	Mediante matriz de riesgo	Sitios críticos evaluados dentro del tramo auditado.	Cámara fotográfica, formato.

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Operacionalización de variables

Tabla 15 Operacionalización Objetivo 1 Describir las variables que existen en el tramo

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Dimensiones	Definición
Siniestralidad vial	Dependiente.	Evento presentado en una carretera en la cual se presentan personas heridas o fallecidas producto del choque con un automóvil o un elemento constituye la estructura vial	Siniestro vial	Eventos en que se presentan traumatismos o muertes causados por elementos de la vía, o autos causados por diferentes factores de la vía
Registro fotográfico	Dependiente.	Inventario fotográfico de las marcas, avisos que se encuentran en la vía y que sirven para prevenir, alertas o avisar factores inherentes al tránsito en carreteras	Señal horizontal.	Orienta e indica a los conductores mediante líneas, conductas que se debe tener en cuenta en la vía.
			Señales verticales.	Situadas al lado de las carreteras generalmente en postes, cumplen con la función de prevenir a los actores viales sobre conductas para tener en cuenta en la vía.
			Barreras. contención vehicular.	Muros que tiene la función de contener, y / o detener un auto en caso que un pierda el control evitando así un siniestro
Lista de chequeo	Dependiente.	Lista que contiene elementos o ítems.	Lista de chequeo	Se utilizan para seleccionar y describir los elementos que construyen una carretera

Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida	Índice	Valor	Fuente recolección	Técnica recolección
# siniestros viales	De razón.	# de siniestros.	%		ONSV	Primarias Revisión bibliográfica.
Registro fotográfico	Nominal	Cualitativa	# de elementos fotografiados	Variable.	Campo.	Primarias observación.
Lista de chequeo						Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Manuales de Señalización vial

Fuente. Elaboración propia con base en (Ministerio de Transporte, 2013)

Tabla 16 Operacionalización Objetivo Específico 2. Establecer puntos críticos de siniestralidad que existen en el tramo

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Dimensiones	Definición
Matriz de riesgos	Dependiente.	Estructura en forma de tabal donde las amenazas se representan	Riesgo	De sufrir un siniestro por causas externas.
			Amenaza	Los elementos constitutivos de una carretera.

		en las filas y las vulnerabilidades por columnas	Vulnerabilidad		Usuarios de la vía, elementos físicos adyacentes.	
Mapa de riesgo		Representar gráficamente la matriz de riesgo	Software de diseño grafico		Software de gestión gráfica	
Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida	Índice	Valor	Fuente recolección	Técnica recolección
R = Amenaza * Vulnerabilidad	De razón	Numérica	Promedio de la matriz	Variable	Puntos negros de la vía (siniestralidad) Puntos especiales (peajes, colegios, estaciones de servicio)	Trabajo de campo Revisión bibliográfica
PR	Nominal	Numérica	%	Variable	Software	Trabajo de campo Revisión bibliográfica

Fuente. Elaboración propia con base en (Ministerio de Transporte, 2013)

Tabla 17 Operacionalización Objetivo Específico 3. Establecer la coherencia del diseño

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Dimensiones	Definición		
Coherencia del diseño	Dependiente.	Relación entre lo que se encontró en la vía y lo que indica el software Señales.	Software Señales	Herramienta metodología requerida para encontrar los límites de velocidad en Colombia. desarrollada por la Universidad del Cauca por el Ministerio de Transporte		
Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida	Índice	Valor	Fuente recolección	Técnica recolección
# de no similitudes	Nominal	Numérica	Numérica	Variable	Trabajo de campo Manuales Software	Primarias. Trabajo de campo Secundarias: Revisión bibliográfica

Fuente. Elaboración propia con base en (Ministerio de Transporte, 2013)

6. Resultados y Análisis de Resultados

En este trabajo se realizó una auditoría en seguridad vial en la Unidad funcional 2: Asia – Tres Puertas, desde el Km 0+000 al Km 3+664 y del Km 7+400 al Km. Este tramo de vía hace parte de la Concesión Pacifico 3, la cual conecta la región del occidente bajo con la zona centro sur del departamento de Caldas. La zona auditada contempla los límites del valle del departamento de Risaralda, por lo tanto, se caracteriza por presentar regiones planas y montañosas, descritas por el relieve topográfico y geográfico de la región.

Es importante mencionar que el tramo auditado se subdividió en dos secciones que abarcan del Km 0+000 al Km 3+664 y del Km 7+400 al Km, respectivamente. Las subdivisiones fueron establecidas debido a la existencia del túnel Tesalia ubicado entre los PR 3+756 al 7+296 (de acuerdo con la normativa nacional en esta estructura debe restringirse el paso peatonal).

6.1. Identificación de las Variables: Barreras, Señales, Entradas

Perpendiculares

Son muchas las causas que pueden influir en las condiciones y seguridad de una vía, provocando en algunas oportunidades consecuencias para sus usuarios. La identificación de estas variables permite aliviar todo lo que puede provocar un siniestro con enormes desgracias materiales, heridos y pérdida de vidas.

En la ASV que se completó en el tramo de vía Asia – Tres Puertas, se tomaron como factores de revisión: la señalización, los obstáculos de seguridad vial y las formas de comportamiento contundentes, puntos de vista que influyen en la ejecución y la seguridad de la ASV.

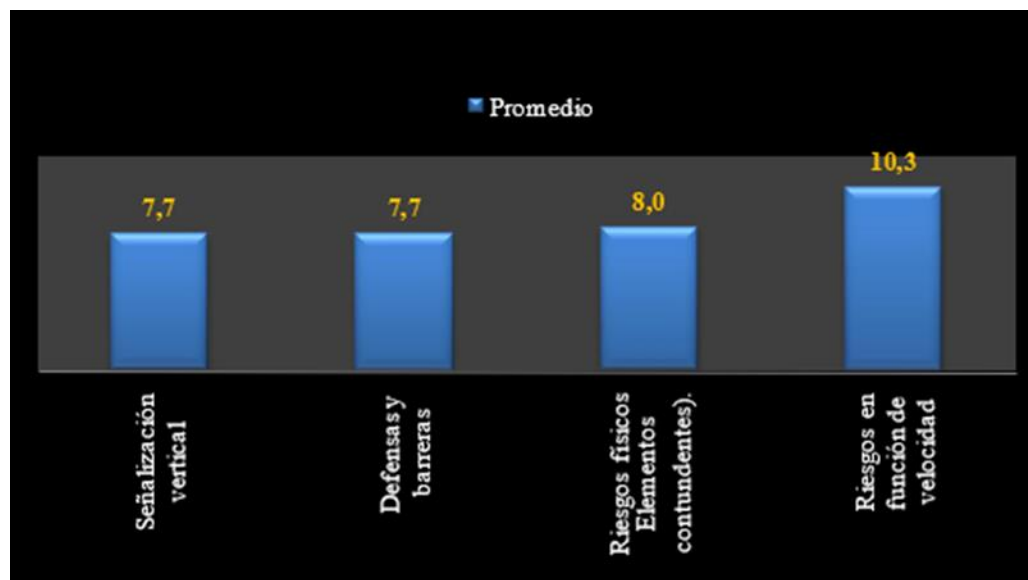
Para la descripción de las variables que pueden contribuir a la vulnerabilidad y riesgo de la vía, en primer lugar, se realizó un registro fotográfico de las barreras, señales, entradas y todos los elementos de interés para la presente investigación (ver anexo 1).

Las muestras del registro visual se relacionaron para cada segmento de vía y mediante el análisis de sus características se determinaron las irregularidades de acuerdo con los lineamientos establecidos en el manual de señalización vigente. Se identificó que en términos generales la señalización vertical y horizontal cumple con los requisitos de diseño. No obstante, en varios casos se hace necesario mantenimiento preventivo o correctivo de las señales de tránsito.

Adicionalmente, debe considerarse que en pocos tramos de la vía las barreras de contención vehicular no cumplieron con las dimensiones, especificaciones de diseño. Sin embargo, hubo zonas desprovistas de sistemas de contención vehicular, incrementando el riesgo de siniestros viales.

La figura 8 muestra la calificación promedio para cada variable, se observa que la variable de mayor impacto en la probabilidad de riesgo es la velocidad de los vehículos, con una puntuación de 10.3. Por otro lado, la señalización y la defensa de las barreras alcanzaron la puntuación más baja (7.7), siendo consistente con los datos obtenidos en el registro fotográfico.

Figura 8 Calificaciones tramos Km 0+000 a Km 3+664 y de Km 7+400 a Km 13+000 respecto de cada variable



Fuente. Elaboración propia.

6.2. Puntos Críticos de Siniestralidad que Existen en el Tramo - Matrices de Riesgo

En la tabla 18 se presenta la síntesis de los resultados obtenidos mediante las matrices de riesgo. Puede notarse que en los carriles lateral derecho e izquierdo los valores de amenazas y vulnerabilidades fueron similares, oscilando entre 1.8 a 2.2 y 1.9 a 2.1, respectivamente. El valor de riesgo de la matriz se mantuvo en un rango de 3.6 a 4.6, alcanzándose un valor promedio de 4.2 para el carril derecho y 4.1 para el izquierdo. Estos hallazgos indican un riesgo más elevado en el carril lateral derecho, aspecto que se

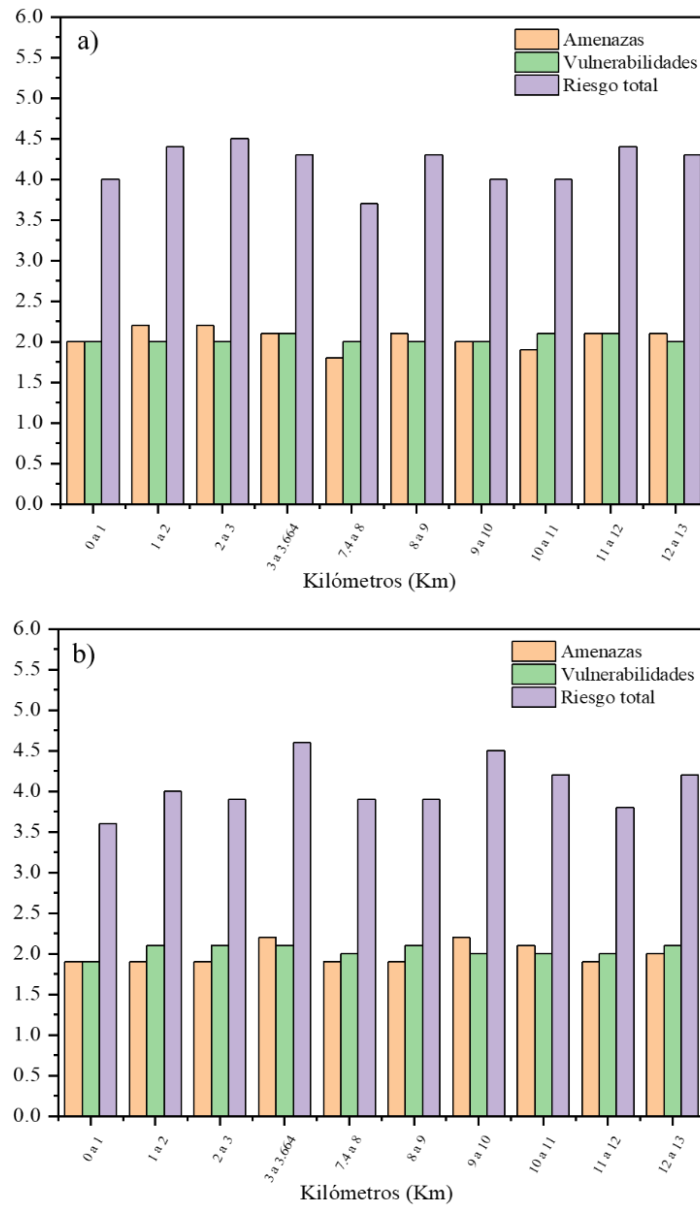
Tabla 18 Síntesis de la matriz de riesgos

Matriz	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10	
Abscisa	km 0+000 a km 1+000		km 1+000 a km 2+000		km 2+000 a km 3+000		km 3+000 a km 3+664		km 7+400 a km 8+000		km 8+000 a km 9+000		km 9+000 a km 10+000		km 10+000 a km 11+000		km 11+000 a km 12+000		km 12+000 a km 13+000	
Carril	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.
Promedio de las amenazas	2.0	1.9	2.2	1.9	2.2	1.9	2.1	2.2	1.8	1.9	2.1	1.9	2.0	2.2	1.9	2.1	2.1	1.9	2.1	2.0
Promedio de las vulnerabilidades	2.0	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	2.1
Valor del riesgo de la matriz	4.0	3.6	4.4	4.0	4.5	3.9	4.3	4.6	3.7	3.9	4.3	3.9	4.0	4.5	4.0	4.2	4.4	3.8	4.3	4.2
Nivel de riesgo	<i>Medianamente tolerable.</i>																			
Acciones recomendadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intervención física a infraestructura. 2. Análisis políticas operacionales, de control y correctivos. 3. Fortalecer y mejorar la educación vial enfocada en actores más vulnerables. 																			
Plazo de las acciones	<i>Mediano plazo (de 3 a 6 meses)</i>																			

Fuente. Elaboración propia.

confirma al observar la figura 9, la cual evidencia que en la mayoría de las mediciones el riesgo total fue menor para el carril izquierdo.

Figura 9 Amenazas, vulnerabilidades y valor de riesgo para los carriles a) derecho y b) izquierdo



Fuente. Elaboración propia.

Con base en lo anterior, puede afirmarse que en el tramo auditado (y en cada carril) existe un riesgo medianamente tolerable, que implica la necesidad de crear y ejecutar estrategias de mitigación de riesgo y reducción de amenazas y vulnerabilidades en un plazo mayor a 3 meses e inferior a 6 meses. Las estrategias podrían incluir:

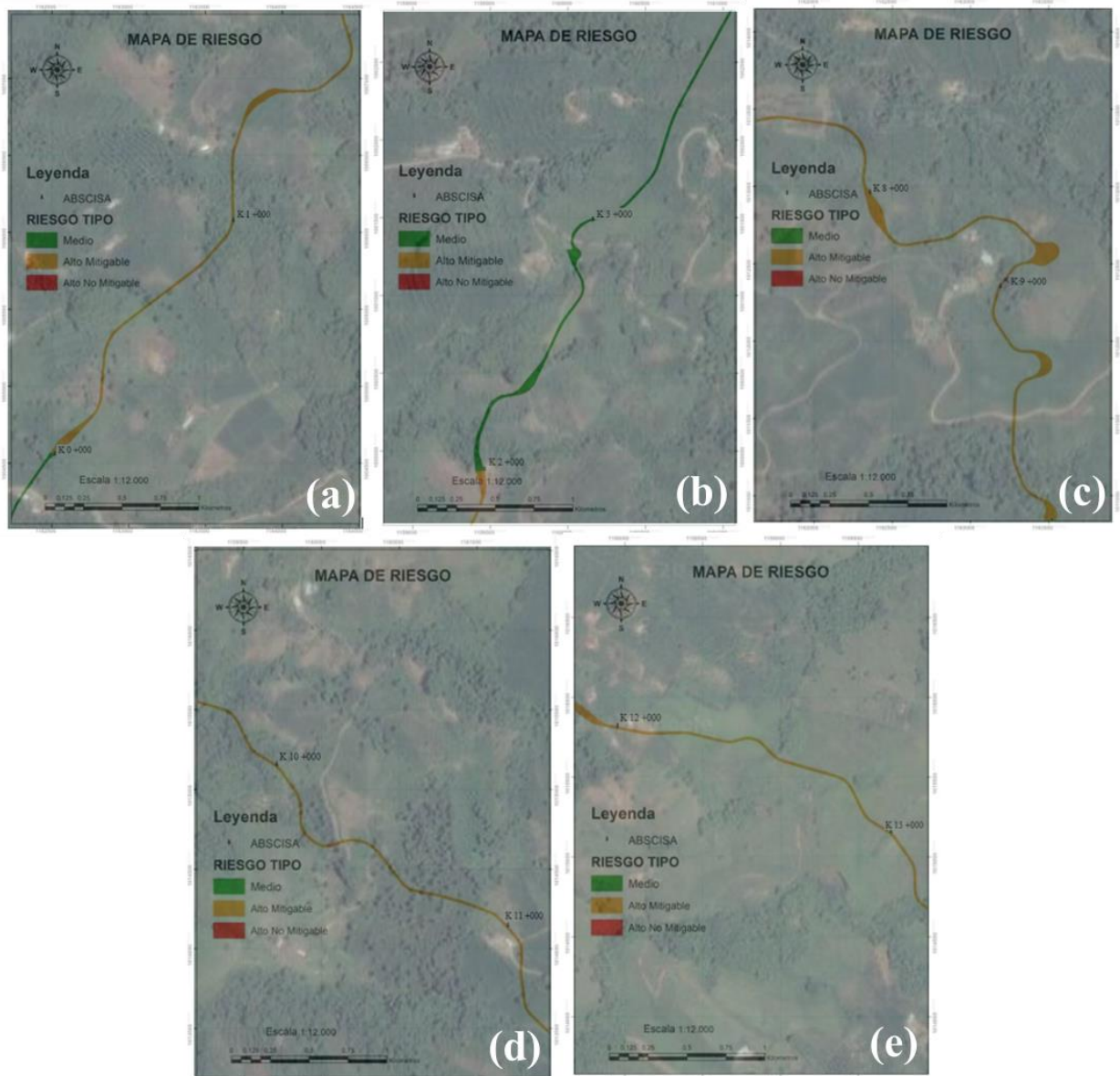
- Intervención física a infraestructura.
- Análisis de políticas operacionales, de control y correctivos.
- Fortalecer y mejorar la educación vial enfocada en actores más vulnerables.

6.3. Puntos Críticos de Siniestralidad que Existen en el Tramo Mapas de Riesgo

La figura 10 exhibe los mapas de riesgo en cada uno de los tramos evaluados. Todos los sectores de la vía auditados presentan un riesgo alto mitigable, excepto para el tramo del Km 2+000 al Km 3+000. En este tramo específico, se observa un nivel de riesgo medio, lo que sugiere que, aunque todavía requiere atención y medidas de mitigación, la situación es más favorable en comparación con otros tramos de la vía.

Estos resultados resaltan la importancia de enfocar los esfuerzos de mejoramiento de seguridad vial en los segmentos del Km 0+000 a Km 1+000 y del Km 8+000 al Km 12+000. No obstante, deben mantenerse los estándares de mantenimiento en el Km 2+000 al Km 3+000.

Figura 10 Mapas de riesgos para: a) Km 0+000 – Km 1+000; b) Km 2+000 – Km 3+000; c) Km 8+000 – Km 9+000; d) Km 10+000 – Km 11+000; e) Km 12+000 – Km 13+000



Fuente. Elaboración propia.

6.4.Comprobación de la Coherencia del Diseño Mediante la Información Obtenida en Campo y el Software Señales

La velocidad de diseño de la zona revisada desde el km 0+000 al km 3+664 y del km 7+400 al km 13+000 del corredor Asia – Tres Puertas con 9 kilómetros de largo, fue de 60 km/h, dada por su clasificación de vía, el tipo de territorio y según el Manual de diseños geométricos del 2008.

Esta auditoria buscó evaluar el estado de la vía, describiendo qué tan segura es para los usuarios. Por lo tanto, se evaluó la geometría utilizando la técnica para establecer los límites de velocidad en las carreteras colombianas según lo indica el Reglamento 1239 de 2008.

Este principio depende de la técnica con límite de velocidad por tipo de vía y cambio de velocidad por consistencia. Esto nos permite ordenar por tramos de vía como lo indican algunas cualidades geométricas extraordinarias.

En este sentido pueden definirse los siguientes atributos geométricos para el tramo de la vía Asia – Tres Puertas del Km 0+000 a Km 3+664 y de Km 7+400 a Km 13+000:

- Vía de una calzada y dos carriles km 0+000 a km 3+664 y de km 7+400 al km 13+000
- Ancho de calzada 7.30 m
- Velocidad de diseño 60 km/h
- Alcance mínimo inferior a 50 m
- Inclinación más extrema 9.4%
- Ancho de terraplenes de 0.60 m

6.4.1. Clasificación de la Vía

Etapas 1

Para el componente de sectorización, se repasaron los tramos varias veces para hacer una primera propuesta, construyendo esta interacción con respecto a los límites que la acompañan:

- Prueba reconocible de los distintos tipos de territorio.

- Sensibilización de los pasos en condiciones de libre circulación del vehículo. En este sentido, es normal que, en términos generales, las velocidades serán generalmente diferentes como el terreno.

Posteriormente, al realizar la identificación del territorio y obtenerse información del cálculo del tramo vial Asia – Tres Puertas, Km 0+000 a Km 3+664 y de Km 7+400 a Km 13+000, se clasificó a todo el segmento de la vía como tipo B1, con una velocidad de diseño de 80 km/h. Esto de acuerdo con el (Ministerio de Transporte, 2019) y la tabla 2.1 del Manual de diseño geométrico de vías del 2008.

La identificación de la clase de vía se obtuvo del valor conseguido con la técnica de trazado de límites de velocidad con el uso del programa Señales, ya que la vía tiene un ancho de calzada de 7.30 m, una pendiente mayor de 8%, y radios de curva menores de 60 m, que según la tabla 2.1 del manual de diseño geométrico de vías del 2008, da una velocidad de diseño contingente sobre la clase del terreno y de categorización de 60 km/h.

Las perspectivas geométricas que la colocan generalmente dentro de una vía de la clase B2, con todo sin terraplén, sin zonas despejadas y con la alta centralización de las personas a pie no se podrían poner en actividad la velocidad de diseño de 60 km/h, esto

daría oportunidad a los usuarios para aumentar la velocidad en el tramo, que produciría un nivel más elevado de siniestros.

6.4.2. Asignación de las Velocidades por Sector

Etapas 2

A cada una de las zonas se le asignó una velocidad convencional teniendo en cuenta la presencia de zonas laterales despejadas, de peatones y de accesos perpendiculares. Adicionalmente, se consideró la de asignación de velocidades genéricas del sector, que se encuentra en el anexo 2.

Adicionalmente se consideraron, las definiciones adjuntas:

- ***Zona despejada o zona de perdón.*** Región segura y accesible para el uso de los vehículos que circulan por ella, así como de los vehículos pesados. Franja liberada de obstáculos a ambos lados de la calzada, por ejemplo, postes, árboles, cabezales de entrega, inclinaciones de jarillones con una tendencia de al menos 3:1, y en general cualquier componente que aborde un riesgo si un conductor no logra mantener el control del vehículo y éste se sale de la vía.

- ***Admisión controlada.*** Consiste en gestionar el paso inmediato de los vehículos a la vía principal; en ocasiones se sugiere trabajar una vía igual para tomar todo el tráfico de las calles opcionales y conducirlo al entramado de la vía principal, que se consolida a través de puentes.

- ***Control de acceso incompleto.*** Radica en controlar la sección inmediata de los vehículos a la vía principal, y permitirlos sólo en lugares específicos que siguen los límites de seguridad, incluidas las vías de aumento de velocidad y desaceleración.

-Sin fijación común. Destinos en los que el flujo de viandantes es escaso y no hay concentraciones gran parte del tiempo cruzando la calle.

De acuerdo con todo lo anterior, la velocidad de diseño para la zona primaria en general es de 60 km/h para los 9 kilómetros de la calzada de la vía Asia – Tres Puertas, km 0+000 al km 3+664 y de km 7+400 al km 13+000.

Luego, se puede afirmar que los atributos geométricos de la vía se clasifican como tipo B1, dado que no cumplen con los requisitos de regiones despejadas o indultables y no cuentan con alcances controlados.

6.4.3. Asignación de Velocidad a Destinos Excepcionales

Etapa 3

En cada zona, deben reconocerse los destinos en los que se dan condiciones de velocidad extraordinarias y deben encontrarse y asignarse las velocidades.

Es importante mencionar, que una curva peligrosa es una curva de poco alcance visual y gran deflexión, generalmente identificada por los usuarios de la vía como arriesgada. Esta curva es situada después de una larga recta, lo que provoca una reducción notable de la velocidad.

La velocidad que se eligió para las curvas peligrosas fue de 40 km/h y la que se pondrá en la señal de tránsito reglamentaria (S R-30). Apegándose a los lineamientos del Manual de Señalizaciones vigente en Colombia (ver anexo 2).

6.4.4. Cambio de la Velocidad no Exclusiva del Área

Etapa 4

La velocidad convencional de la zona se cambió considerando la velocidad de actividad en la misma, la cual se adquirió estimando velocidades con radar.

Para realizar la actividad de estimación de velocidad en el tramo Km 0+000 al Km 3+664 y de km 7+400 al km 13+000 de una calzada de doble sentido, se trazaron puntos estratégicos, partiendo de un sitio cercano al inicio del tramo y uno más hacia su término.

Se realizaron estimaciones en 12 focos distintos a lo largo de los 9 kilómetros de vía en los dos carriles, estableciendo las reglas de estimación en destinos básicos o tramos de fijación de siniestros con las abscisas subyacentes y últimas trazadas. Esta consideración se realizó de acuerdo con la cantidad de lecturas mínimas de velocidad propuesta por el (Ministerio de Transporte, 2019).

Después de tomar las velocidades siguiendo los límites del número base de estimaciones y manejadas en el programa Señales, se obtuvo el percentil 85 por tramo para cada una de las estimaciones realizadas.

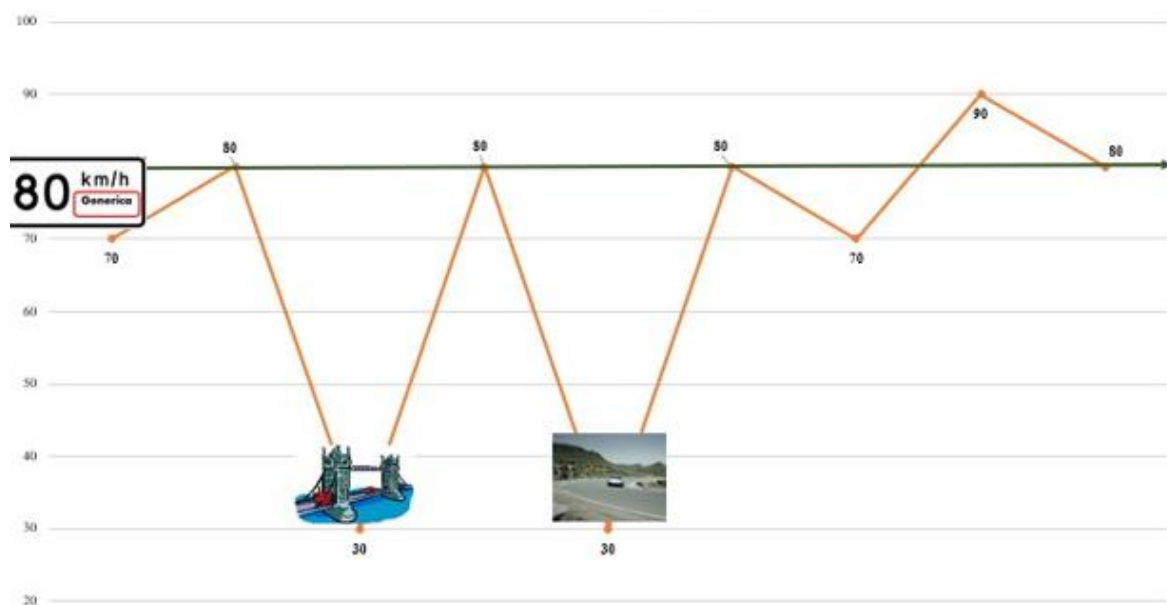
Los percentiles miden un resultado en contraste con diferentes resultados en una revisión. El percentil 85 se usa con frecuencia para decidir los límites de velocidad en las avenidas. La hipótesis acepta que la mayoría de los conductores son sensatos y no tienen ningún deseo de participar en un percance, pero también necesitan llegar a su objetivo lo más rápido posible. Posteriormente, una velocidad a la que conduce el 85% de las personas se considera la velocidad segura más elevada para esa vía.

Según la velocidad no excluyente y la velocidad adoptada por los conductores de los vehículos que transitan por cada segmento de las carreteras analizadas, el sistema de señalización proporciona información sobre este comportamiento, centrándose particularmente en las salidas extraordinarias ubicadas en las inmediaciones.

Estas salidas extraordinarias se definen como aquellas áreas que, debido a sus características subyacentes, deberían estar sujetas a alguna limitación de velocidad. Ejemplos de estas áreas incluyen peajes, puentes, zonas de construcción, zonas con señales de tráfico importantes, áreas de entretenimiento, y regiones habitadas cercanas a la carretera en la que se encuentra el conductor actual, entre otros. Esta información se aplicó a cada tramo de la carretera Asia – Tres Puertas propuesta para el estudio.

En la figura 11 se observa la velocidad por área en el tramo evaluado de la vía, Asia – Tres Puertas. La velocidad no excluyente fue de 80 km/h (línea verde) y la velocidad que asumen los usuarios de la vía generalmente fue igual o inferior a este valor, excepto para una parte del Km 0 + 000 donde se registraron velocidades de 90 km/h.

Figura 11 *Velocidad por tramo*



Fuente: Propia, adaptada del programa Señales.

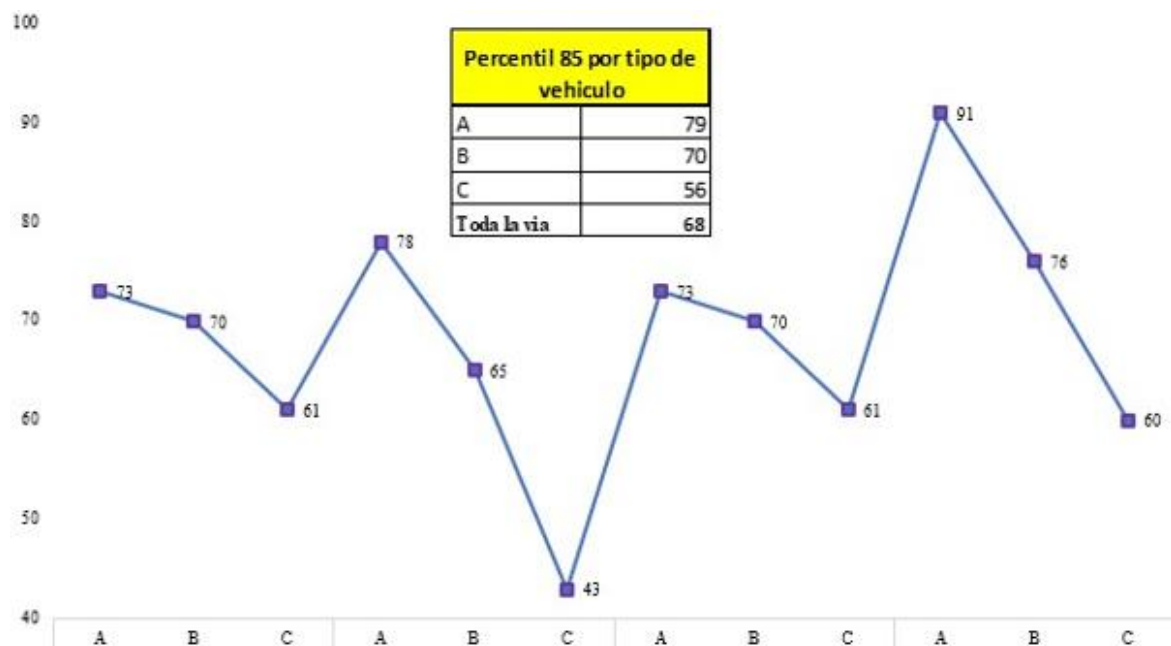
6.4.5. Operativo para velocidades en cada tramo mediante el software

Señales.

En la figura 12 se representa el operativo de velocidades de la vía Asia – Tres Puertas, donde se puede ver que las velocidades oscilan entre 43 y 91 km/h. En cuanto a la velocidad percentil, percibida como aquella en la que los vehículos circulan prácticamente sin molestias (flujo libre) sin presencia de atascos esta fue de 79 km/h para los vehículos tipo A, 70 km/h para los vehículos tipo B, 56 km/h para los vehículos tipo C.

El percentil 85 de toda la etapa fue de 68 km/h, velocidad por debajo de la velocidad no exclusiva (80 km/h). Esto implica que el 85% de los vehículos se mueven abiertamente a esa velocidad mientras que el 25% de los vehículos lo hacen a diferentes velocidades inferior a esta.

Figura 12 Operativo para velocidades (Porcentaje 85)



Fuente: Propia, adaptada del programa Señales

Estas reglas y estimaciones iniciales de velocidades y cálculo de la vía luego se manejan en el programa de red de apoyo de Señales para aplicar en la medida de lo posible la filosofía de seguridad. Esto, permite guardar los datos geométricos de la vía, los límites del plano, la información de velocidad (estimaciones de campo), que se encarga de indicar y planificar el señalamiento ascendente y el trazado de la vía según los estándares caracterizados, produciendo gráficos y registros con el área. de señales de velocidad y la división de zonas de rebasamiento.

6.4.6. Informe de la mejora del programa Señales. Seguimiento de Datos Matemáticos

La sectorización previamente efectuada, la cual incluye la introducción de datos matemáticos derivados de planos actualizados y estimaciones confirmadas en campo, facilita la visualización de los segmentos sometidos a evaluación. Este informe se basa en la información recopilada de los planes existentes.

Al acceder al inicio de la programación de Señales, se despliega un menú que permite la selección del segmento de interés y muestra los datos correspondientes en los submenús respectivos.

a) Distancia entre postes de referencia secuenciales

Los postes de referencia se colocaron con una equidistancia de 1000 metros, a la luz de los planos y con el chequeo cerca, se aplica a todo el salón objeto de estudio, donde en su mayoría cumplía con esta condición del plano, las estimaciones se tomaron con el patín del odómetro. Tal como se observa en la figura 13.

Figura 13 Pantallazo de software Señales

PR Inicial	PR Final	Distancia (m)
0	1	1000
1	2	1000
2	3	1000
3	4	1000
4	5	1000
5	6	1000
6	7	1000
7	8	1000
8	9	1000
9	10	1000
10	11	1000

Fuente: Software Señales.

b) Geometrías en planta (elección de curvas niveladas).

Era necesario mantener un registro continuo de la abscisa de la carretera, ya que solo los datos relativos a las abscisas proporcionaban la orientación necesaria para identificar las características específicas de la vía. Los kilómetros iniciales (KM introductorios) y los kilómetros finales (KM finales) marcaron los puntos de inicio y finalización de la estimación de la curva, respectivamente.

Para introducir la información del desvío completo de la curva, se omitió el caso de que fuera una rotonda, sacando de los planos y registrando como riesgosos los desvíos de curvas a la izquierda y seguro los desvíos de curvas a la derecha. Estos deben estar introducidos en la organización, m, s, g (minutos, segundos, grados sexagesimales).

Los radios de la forma, relegados en el programa, se relacionaron con el alcance del fragmento focal de rotonda (R_c), esta información se adquiere a partir de los datos de las curvas sinuosas, o la información contenida en los planos del tramo en estudio.

El peralte para esta calle en cada curva tiene un valor máximo del 8%, tomándose como negativos los contras alzados cuando se produzcan. Sea como fuere, estos datos se utilizan para almacenar información total, pero no es importante (ver figura 14).

Figura 14 Curva horizontal

#	PR Inicial	PR Final	Delta (g.m.s)	Radio (m)	Parabe (%)
33	8+257.93	8+493.40	-49.50.12	220.14	6.63
34	8+698.61	8+989.22	48.3.35	294.02	5.67
35	9+575.07	9+672.59	-11.35.2	241.13	6.33
36	9+828.62	10+059.95	-41.51.18	217	6.67
37	10+355.92	10+499.38	19.10.45	214.26	6.72
38	10+635.17	10+895.30	35.26.31	275.03	5.89
39	10+914.39	11+033.67	26.19.46	259.36	6.08
40	11+124.70	11+294.87	-38.36.7	181.36	7.25
41	11+402.75	11+643.87	-65.56.13	165	6
42	11+772.87	11+905.23	27.9.16	181.82	6
43	12+048.71	12+199.15	-14.29.40	404.93	4.61
44	12+281.67	12+403.32	15.25.5	273.68	5.9
45	12+467.84	12+673.70	-27.4.19	144.03	7.82
46	12+988.61	13+120.70	-39.40.20	121.46	8

Fuente: Software Señales.

c) Cálculo de perfiles (opción de curvas verticales).

Para el registro de los codos ascendentes, se requería información como la data del cálculo del plano, considerando lo siguiente:

- Los Km subyacentes y los últimos Km se comparan con los generalmente conocidos como PCV y PTV, que son lugares similares donde comienza y se cierra la curva ascendente.
- En los campos de altura de PCV y PTV se colocaron los valores de elevación para cada uno de los focos representados.

El aumento de PIV-E relacionado con la altura de la proyección del PIV de la curva ascendente en el grado de la vía, registrada como la altura exterior PIV de la curva ascendente. (Técnica de trazado de límites de velocidad en avenidas colombianas, 2009).

Para una suma de 124 curvas verticales mantenidas en el segmento Km 0+000 a Km 3+664 y del Km 7+400 al Km 13+000 (Ver figura 15).

Figura 15 *Pantallazo curva vertical*

#	PR Inicial	PR Final	Cota PCV (m)	Cota PIVE (m)	Cota PTV (m)
1	0+250	0+410	1636.1	1638.61	1634.6
2	0+449	0+689	1632.8	1626.64	1634.1
3	0+913	1+013	1648.6	1651.6	1652.9
4	1+121	1+261	1655.3	1657.01	1655.3
5	1+328	1+438	1653.8	1652.44	1652.9
6	1+480	1+578	1653.1	1653.52	1656.9
7	1+706	1+746	1664.9	1666.18	1667.45
8	1+920	2+060	1678.8	1683.3	1683.75
9	2+227	2+407	1684.9	1685.49	1693.95
10	2+505	2+565	1703.1	1705.99	1708.4
11	2+654	2+714	1715.75	1718	1719.8
12	2+750	2+810	1721.9	1723.72	1726
13	2+880	2+940	1731.32	1733.6	1735.65
14	3+070	3+170	1744.6	1747.99	1751.75
15	3+200	3+360	1753.31	1759.76	1763.64
16	3+440	3+570	1767.52	1770.67	1768.6
17	3+663	3+783	1765.4	1763.54	1764.9
18	3+887	3+947	1767.15	1767.79	1768.75
19	4+129	4+229	1775.62	1777.32	1778.8
20	4+440	4+540	1784.81	1786.24	1786.47
21	4+764	4+824	1787.3	1787.53	1789.25
22	5+013	5+073	1796.91	1797.76	1799.51
23	5+158	5+328	1803.35	1805.41	1809.05
24	5+385	5+485	1810.2	1811.19	1814.12

Fuente: Software Señales.

La parte transversal de los segmentos se mantuvo en los tipos de áreas transversales, que incorporan la cantidad de calzadas, ancho de calzada y ancho de andén. Para el segmento entre Km 0+000 a Km 3+664 se obtuvieron anchos de terraplén de 0.60 m en el lado derecho y 1.20 m en el lado izquierdo.

Por otra parte, la parte transversal del segmento entre el Km 7+400 a km 13+000 no tiene un ancho de terraplén caracterizado, considerando que dicho corredor no ha sufrido ningún cambio en el diseño geométrico, por lo que su disposición es desfasada y más lamentable. En realidad, no ofrece condiciones de seguridad para ninguno de los clientes, incluidos los más indefensos.

d) Clases de áreas cruzadas

Esta información geométrica enviada produce un plan para la vía. Se procedió a la sectorización del tramo y se repartió la velocidad convencional a cada zona de la siguiente

manera: Para el área de estudio de 9 km, se aisló en 24 zonas, según indica su geología, tal como se muestra en la figura 16.

Figura 16 Pantallazo clases de áreas cruzadas

Id	Descripción	Ancho Calzada (m)	Ancho Berma Izquierda (m)	Ancho Berma Derecha (m)	Número de Carriles	Ancho Separador Central (m)	Ancho Zona Perdonante (m)
1	Calzada con un sentidos de trafico A	7.3	0	1.2	2	1.5	0
2	Calzada con un sentidos de trafico B	7.3	0.6	1.2	2	1.6	0
3	Calzada con un sentidos de trafico C	7.3	0.8	1.2	2	1.4	0
4	Calzada con un sentidos de trafico D	7.3	0.6	1.2	2	1.4	0

Fuente: Software Señales.

e) Sectores

Todo el tramo de la vía no es uniforme en ese sector, ya que tiene cuatro tipos de territorio a lo largo de su longitud. Se registraron los destinos extraordinarios relativos a regiones pobladas, puentes y regiones (ver figura 17).

Figura 17 Pantallazo clases de sección transversal

Id	Descripción	Ancho Calzada (m)	Ancho Berma Izquierda (m)	Ancho Berma Derecha (m)	Número de Carriles	Ancho Separador Central (m)	Ancho Zona Perdonante (m)
1	Calzada con un sentidos de trafico A	7.3	0	1.2	2	1.5	0
2	Calzada con un sentidos de trafico B	7.3	0.6	1.2	2	1.6	0
3	Calzada con un sentidos de trafico C	7.3	0.8	1.2	2	1.4	0
4	Calzada con un sentidos de trafico D	7.3	0.6	1.2	2	1.4	0

Fuente: Software Señales.

f) Lugares especiales

Cuando se han dado de alta las zonas excepcionales, el producto las procesa y crea la zona de la señal de limitación de velocidad para cada sitio referenciado, como se observa en la figura 18.

Figura 18 Pantallazo lugares especiales

#	PR Inicial	PR Final	Tipo de Sitio Especial	Velocidad de Paso (Km/h)
1	0+000	2+100	1. ZONAS URBANAS Y	40
2	2+150	2+411	99. OTROS	50
3	3+582	3+900	99. OTROS	50
4	4+345	4+647	4. ZONAS ESCOLARES	30
5	10+823	10+842	5. CURVAS	30
6	10+850	10+900	99. OTROS	30
7	12+457	12+573	5. CURVAS	60
8	12+988	13+120	5. CURVAS	60

Fuente: Software Señales.

g) Velocidad

La siguiente y más significativa etapa de este ciclo fue cambiar la velocidad convencional en cada área. Con las estimaciones de velocidad tomadas, los datos de cada uno de ellos se colocan en la siguiente opción como se muestra en la figura siguiente.

Figura 19 Pantallazo velocidad operativa

Operativos de Velocidad		Detalles Operativo [6]	
#	Tipo de Vehículo	Velocidad (Km/h)	
39	A	73	
40	A	66	
41	A	64	
42	A	68	
43	A	74	
44	A. AUTOS	87	
45	A	75	
46	A	77	
47	A	70	
48	A	75	
49	A	54	
50	A	54	
51	A	67	
52	A	73	
53	A	50	
54	A	52	
55	A	78	
56	A	68	
57	A	86	
58	A	106	
59	A	73	
60	A	70	
61			
62			

Fuente: Software Señales.

Antes de transcribir los valores de velocidad específicos para cada vehículo, es necesario definir las categorías de vehículos que se consideran en este estudio. Una vez que se tiene la información básica de los sitios de medición y las categorías de vehículos

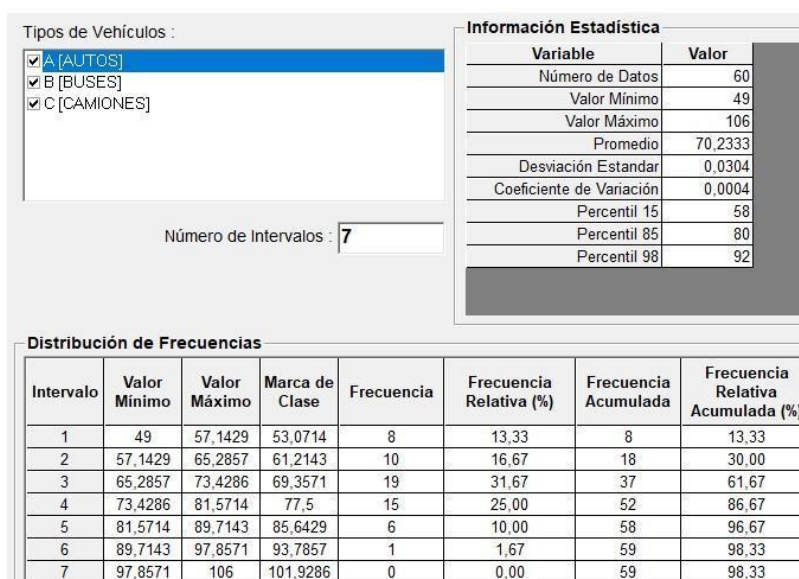
consideradas, se ingresan los valores de velocidad puntual para cada vehículo como se muestra en la figura anterior.

El programa procesa la información de velocidad realizando la distribución de frecuencias y calculando el percentil que define la velocidad de operación de cada tramo, y ajusta la velocidad genérica como se indica en la figura anterior.

h) Análisis estadísticos operativos

Para obtener el percentil de cada tramo se elige el valor requerido y se activa la opción de la pestaña que contiene el percentil que se puede observar en general o por clase de vehículos, como se muestra en la figura 20.

Figura 20 Pantallazo velocidad operativa



Fuente: Software Señales.

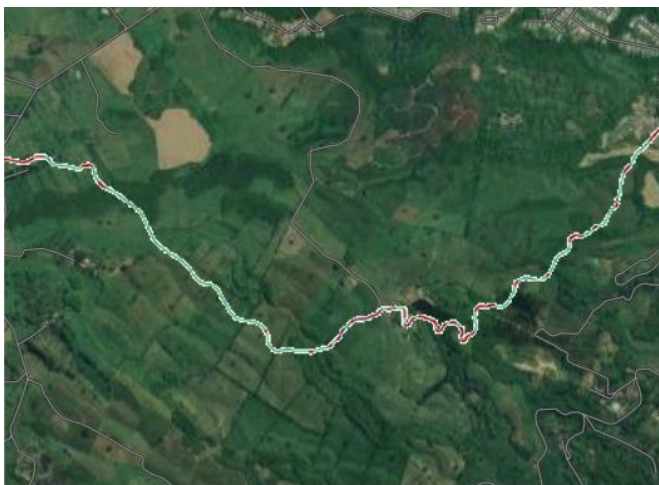
i) Plan realista que transmite el software Señales

Al observar el cuadro que gráficamente muestra el plano de la señalización y división, se representa cada una de las opciones, demostrando el área y valor de las

Señales de máxima velocidad, así como las líneas de separación de caminos, en las calles. solo con dos caminos.

El plano realista que transmite el programa Rótulos se envía a la plataforma realista de AUTOCAD, pero también se puede consultar en un documento (TXT) como se muestra en la figura 21.

Figura 21 *Planimetría en Autocad, según el software Señales*



Fuente: Software Señales.

j) Terminación del software de datos Señales

La programación de Señales reveló que el tramo que abarca desde el Km 0+000 hasta el Km 3+664 y desde el Km 7+400 hasta el Km 13+000 tiene una velocidad no excluyente de 70 km/h. Sin embargo, al ajustar el régimen de trabajo, se determinó que en algunos tramos la velocidad podría alcanzar hasta 80 km/h. Esto indica que, en ciertas secciones, la velocidad supera la que estaba prevista en el plan original.

Es importante destacar que esta diferencia en la velocidad no necesariamente implica una irregularidad en el plan. Esto se debe a que la vía fue diseñada con límites de velocidad basados en el Reglamento 769, que no necesariamente coincide con los

estándares establecidos en el Manual de Plan Matemático del año 2008. Al utilizar el producto, se permite calcular las velocidades de acuerdo con las directrices actuales en la medida de lo posible, teniendo en cuenta las regulaciones aplicables en cada momento.

No obstante, al contrastar los resultados y el continuo abanderamiento, tanto vertical como parejo, el área no coincide porque las velocidades que considera el producto están por debajo de la velocidad a la que trabajan los clientes, esto implica que se está rompiendo con la seguridad, factor que ofrece la velocidad particular que está por encima de la velocidad del plan de 20 km/h.

6.5. Identificación de los Sitios Críticos de Siniestralidad

En el estudio de la siniestralidad se tuvieron en cuenta los puntos identificados en los apartados anteriores, considerando los datos más relevantes obtenidos mediante el software Señales, y los datos recopilados en campo que fueron presentados tanto en la matriz de riesgos, como en los mapas de riesgo.

6.5.1. Accidentabilidad

Para obtener los datos relativos a esta información, se consultaron fuentes como la Policía de Carreteras y el Observatorio de la ANSV (Agencia Nacional de Seguridad Vial). La tabla 19 muestra la siniestralidad del tramo auditado.

(Continuación tabla 19)

Composición de la Vía			Total																			
Abscisa	Vel. de la Vía	Tipo de Calzada	Total Accidentes			Tipo de Vehículos						Causas Probables de los accidentes										
			Heridos	Muertos	Camión	Bus	Automóvil	Ciclista	Moto	Otro	Velocidad	Desconocida	Imprudencia.	Imprudencia peatón	Impericia	Falla Mecánica	Clima	Invasión de Carril	Animal en la vía	Otros		
10+000 -	SR-30	Sencilla doble sentido	3	3	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11+000			2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11+000 -	SR-60	Sencilla doble sentido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12+000			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12+000 -	SR-60	Sencilla doble sentido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13+000			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13+000 -	SR-60	Sencilla doble sentido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: *Elaboración propia.*

La parte de siniestro reconoce etapa, fallecidos y heridos, tipo de siniestro, justificación razonable y vehículos incluidos. Reconociendo segmentos de agrupación de percances o locales básicos, situados a lo largo de los 9 kilómetros de la carretera; las calidades de los percances no siguen un ejemplo típico, por lo que la estrategia de las mediciones registradas no permite determinar un punto básico en particular, pero revela que a lo largo del segmento, las mediciones deben completarse en el mediano plazo, pasando de renovación del abanderado, trazado, sustitución, establecimiento de nuevas protecciones metálicas y diferentes medidas de seguridad vial.

Conclusiones

Un ASV debería aplicarse a todos los periodos de una empresa vial, y es de extrema importancia disponer de un dispositivo establecido para limitar el efecto de los siniestros viales y proponer después medidas de socorro y de observación. En el trabajo de campo, se reconocieron los puntos o los factores de peligro que realmente podrían desencadenar colisiones automovilísticas.

La ASV debería ser obligatorio en caso de que se cumpla el objetivo de la OMS de reducir el número de siniestros viales, ya que, en términos generales, este dispositivo puede evitar que aumente el número de víctimas mortales y demuestra que no se trata de buscar culpables, sino de realizar actividades para evitar el siguiente accidente.

En el transcurso del trabajo de campo, cuyo objetivo primordial era la identificación de los puntos críticos de siniestralidad en el tramo auditado, se pudieron evidenciar notables deficiencias tanto en la infraestructura vial como en las señalizaciones presentes en diversas secciones de dicha vía. Estas deficiencias estructurales y de señalización constituyen factores de riesgo significativos que podrían desencadenar siniestros viales. Es importante destacar que durante la inspección en terreno se constató que las barreras de contención no cumplen con los estándares estipulados en la Guía de Instalación de Barreras de Contención Vehicular, especialmente en sus capítulos 1 y 3. Además, se observaron discrepancias en la ubicación de señales verticales con respecto a las directrices establecidas en el Manual de Señalización Vial de 2015, capítulo 4. Por consiguiente, esta falta de conformidad en la ubicación de señales puede comprometer la seguridad de los usuarios de la vía al no proporcionarles el tiempo adecuado para llevar a cabo maniobras seguras de acuerdo a la situación en la que se encuentren.

Un hallazgo relevante durante la evaluación del tramo fue la identificación de entradas perpendiculares que carecían de carriles de aceleración y desaceleración identificados en diferentes puntos como en el Km 0+230, Km 0+265 y Km 2+870 incumpliendo de esta manera las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de 2008, capítulo 6. Esta deficiencia potencialmente peligrosa podría aumentar la probabilidad de siniestros viales al permitir el acceso a la vía principal de manera perpendicular.

Mediante la elaboración de matrices de riesgo, que buscan evaluar el grado de riesgo que enfrentan los usuarios más vulnerables de la vía, y la creación de mapas de riesgo, que brindan una representación visual de los puntos críticos en el tramo auditado, se logró determinar que este tramo posee un nivel de riesgo medianamente tolerable. Esto sugiere que los elementos físicos de la vía y las condiciones operacionales de la infraestructura presentan deficiencias de gravedad moderada, las cuales pueden ocasionar lesiones leves o moderadas en caso de un posible siniestro.

Los mapas de riesgo revelaron que la mayor parte del tramo se encuentra en una categoría de riesgo Alto Mitigable, con la excepción del tramo que abarca desde el kilómetro 2+000 al kilómetro 3+000, el cual se encuentra en una categoría de riesgo medio.

Debido a las características geométricas complejas presentes en la mayor parte del tramo auditado, se identificaron problemas de coherencia en los límites de velocidad. Específicamente, los valores de velocidad establecidos en los planos de diseño no concuerdan de manera predecible con los valores obtenidos en el software de señales. Esto puede deberse a las diferencias en los cálculos matemáticos empleados por el software

para determinar los límites de velocidad. Sin embargo, en general, se pudo constatar que los límites de velocidad establecidos en el diseño de la vía son respetados por la mayoría de los usuarios que circulan por la misma.

Recomendaciones

Es importante considerar el tratamiento de los hallazgos detectados durante la Auditoría de Seguridad Vial (ASV) en función del problema específico. Se debe garantizar una señalización adecuada que brinde a los usuarios información sobre las condiciones de la carretera y los problemas fundamentales. Es esencial abordar las recomendaciones en las secciones identificadas como de riesgo medio y alto que se pueden mitigar en el corto y mediano plazo, ya que es necesario responder a las condiciones viales actuales. Algunos de los hallazgos incluyen:

La señalización de elementos de obras de construcción que no se pueden retirar, asegurando que sean visibles a una distancia adecuada para que los conductores puedan reaccionar de manera oportuna.

La implementación de dispositivos de regulación del tráfico en lugares donde la diferencia de altura entre la carretera y la zona circundante sea superior a 1 metro y no existan dispositivos de seguridad para los usuarios.

La revisión de la programación del software señales para garantizar que se ajuste a las normativas vigentes y se minimicen las limitaciones de diseño en la medida de lo posible.

Referencias

- Alarcón, J. (2015). Listas de chequeo para realizar auditorías de seguridad vial en Colombia. *Puente Revista Científica*, 9(2), 51-60.
doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11912/7268>.
- Ardila, H., Quintero, Q., & Córdoba, G. (2020). *Auditoría en seguridad vial ruta nacional 50, tramo 5003., Pr k 31+ 139. 75 - k 25+139.75 la Virginia a Apia*. Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño, Pereira.
- Asprilla, L., Rey, G., & Zamir, M. (2015). Influencia de los elementos de la infraestructura en la seguridad vial de los usuarios de las carreteras interurbanas. Un estudio de caso. *Revista Tecnogestión*, 12(1), 26-36.
- Austroroads. (2002). *Road safety audit*. Buenos Aires. Obtenido de <http://ingenieriadeseguridadvial.blogspot.com/2013/05/asv.html>
- Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (2013). *The cost of road injuries in Latin America*. Washington D. C. Obtenido de https://www.cedr.eu/download/other_public_files/cedr_-_dircaibea_road_safety_workshop/12_BID-SV-infraestructura-y-vehiculos-.pdf
- Brunswick, U. o. (2008). *Road Safety Audit Guidelines . Guías de Auditorías de Seguridad Vial*. Transportation Group, Londres.
doi:<http://ingenieriadeseguridadvial.blogspot.com/2013/05/asv.html>
- Bustamante, A. (2006). *Auditoria de seguridad vial, vía Pereira - Manizales, informe final*. Ary Bustamante Asociados Ltda.
- Cabrerizo, S., Campos, C., & P. D. (2016). Análisis metodológico sobre la potencial evitación de vehículos de motor contra peatones en áreas urbanas. *Procedimientos de investigación de transporte*, 18, 127-134.
- Castaño, A., Rojas, S., & López, P. B. (2020). *Auditoría en Seguridad Vial en la ruta 25 nacional, tramo 2507. Pacífico Tres Unidad Funcional 1 La Virginia – Asia del Km 30+000 Al Km 39+000*. Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño, Pereira.
- Centro de Observatorio para la Infraestructura de Caldas - COIC. (Julio de 2019). *Ficha técnica Pacífico Tres*. Obtenido de <http://coic.com.co/wp-content/uploads/2019/10/Ficha-T%C3%A9cnica-Pac%C3%ADfico-Tres.pdf>

- Chacón, G., & Sáenz, U. (2016). *Importancia de la auditoria de seguridad vial – (ASV) en concesiones viales de Colombia*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Cultura vial. (2022). *Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2013-2021*. Obtenido de https://culturavial.files.wordpress.com/2014/01/consulta_plan_nacional_de_seguridad_vial_colombia_2013-2021.pdf
- Díaz, J. (s.f.). *Auditorías de seguridad vial. Experiencia en Europa*. Instituto Vial Iberoamericano.
- Dourthé, C., & Salamanca, C. (CONASET). *Guía para realizar una Auditoria de Seguridad Vial. Santiago de Chile* (1ra ed.). Santiago de Chile: CONASET. Obtenido de <https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2016/01/Guia-Auditoria-de-Seguridad.pdf>
- Durango, A. (2016). *Relación entre infraestructura vial y desarrollo económico en los municipios de Antioquia: aplicación espacial*. Universidad EAFIT, Medellín.
- FICVI. (2021). *2020: ONU: Resolución de las Naciones Unidas sobre el mejoramiento de la Seguridad Vial en el mundo*. Obtenido de <https://contralaviolenciavial.org/actualidad/onu-resolucion-de-las-naciones-unidas-sobre-el-mejoramiento-de-la-seguridad-vial-en-el-mundo/gmx-niv44-con824.htm#:~:text=Puntos%20principales,preparar%20un%20plan%20de%20acci%C3%B3n>
- Guido, B., Pace, J., Restivo, H., & Bertotti, E. (2008). *Seguridad vial. Bases para el entendimiento de la problemática del tránsito y la seguridad vial. Aspectos generales del tránsito y la seguridad vial*. Instituto de seguridad y Educacion Vial. ISEV, Madrid.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). México D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- IPSUM. (5 de Febrero de 2020). *La percepción del riesgo en la conducción. Modelos y teorías*. Obtenido de <https://reconstruccionaccidentestrafico.com/la-percepcion-del-riesgo-en-la-conduccion-modelos-y-teorias/>
- Martínez, P., Sánchez, M., Abellán, P., & Pinto, P. (Septiembre de 2015). La valoración monetaria de los costes humanos de la siniestralidad vial en España. *Gaceta Sanitaria*, 29(1), 76-78.
- Ministerio de Transporte. (2013). *Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia (PNSV) 2013 -2021*. Bogotá, D.C. Obtenido de

https://culturavial.files.wordpress.com/2014/01/consulta_plan_nacional_de_seguridad_vial_colombia_2013-2021.pdf.

Ministerio de Transporte. (20 de Noviembre de 2019). *La infraestructura, un factor clave en la seguridad vial de Colombia*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7931/la-infraestructura-un-factor-clave-en-la-seguridad-vial-de-colombia/>

Moreno, C., & Gómez, P. (2020). *Auditoría en Seguridad Vial ruta nacional 2507. Pacífico Tres Unidad Funcional Uno del Km 15+000 Al Km 21+000*. Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño, Pereira.

Observatorio Nacional de Seguridad Vial - ONSV. (2022). *Historico cifras preliminares y definitivas*. Agencia Nacional de Seguridad Vial, Bogotá.

Ocampo, D., Ospina, G., & Suárez, R. (2018). *Concepto y estructura de la seguridad vial como derecho social fundamental en Colombia*. Universidad Libre, Pereira.

Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Resolución A/RES/74*. Obtenido de <https://www.un.org/es/ga/74/resolutions.shtml>

Organización Mundial de la Salud. (2004). *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. Ginebra. Obtenido de https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_es.pdf.

Organizacion Mundial de la Salud. (2018). *Lesiones causadas por el tránsito*. Ginebra. doi:<http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>.

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2021-2030*. doi:<https://www.who.int/es/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>

Paulette, L. (2014). *Como entender la Seguridad Vial en nuestro tiempo: la caída de los Paradigmas y los desafíos de futuro*. Unidad Nacional de Seguridad Vial, UNASEV, Montevideo.

Pérez, E. (2002). *Estadística aplicada a través de Excel*. Pearson educación.

Prevencionar. (12 de Diciembre de 2019). *Modelo de Causalidad de Heinrich («teoría del dominó»)*. Obtenido de <https://prevencionar.com/2019/12/12/modelo-de-causalidad-de-heinrich/>

- Silveira, A. (2021). *Cómo enfrentar la pandemia de los siniestros de tránsito*. Obtenido de <https://www.Silveiraconduciendoporlavida.com/noticias-galeria/novedades/10-de-junio-dia-de-la-seguridad-vial-2021>
- Tabasso, C. (2014). *Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial*. Instituto Vial Iberoamericano, IVIA, Buenos Aires. Obtenido de <https://studylib.es/doc/5298064/paradigmas--teor%C3%ADas-y-modelos-de-la-seguridad-y-la-insegu...>
- Tay, R., Choi, K., & Demosthenous, P. (2015). Road safety audit: A systematic evaluation of the safety of a road project. *Accident Analysis & Prevention*, 75, págs. 124-133.
- Toquica, G., Pérez, M., & Rincón, F. (2020). *La seguridad vial en Bogotá D.C. desde la teoría de la organización y administración pública periodo 2010 – 2019*. Universidad Santo Tomás, Bogotá, D.C.
- Vásquez, F. (3 de Mayo de 2016). *Importancia de la infraestructura vial*. Obtenido de <https://eldinero.com.do/22985/importancia-de-la-infraestructura-vial/>
- Vera, C. (2020). *Análisis comparativo de guías metodológicas aplicadas para auditorías de seguridad vial en otros países – métodos y estado*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.