

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): MAURICIO ELISEO APELLIDOS: GOMEZ CRUZ

NOMBRE(S): KAREN LIZETH APELLIDOS: RAMON QUINTERO

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MARIA ALEJANDRA APELLIDOS: BERMON BENCARDINO

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN A LA ACCIDENTALIDAD PRESENTADA EN EL CORREDOR VIAL RURAL DEL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOS SECTORES LA UNIÓN – BALSA, MUNICIPIO DE LABATECA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.

El análisis de puntos críticos y las alternativas de prevención para la accidentalidad en vías secundarias son elementos clave en la mejora de la seguridad vial y la reducción de accidentes en este tipo de carreteras. Las vías secundarias representan una parte significativa de la red vial y, a menudo, presentan desafíos específicos en términos de seguridad debido a su diseño, condiciones y características. El análisis de puntos críticos en vías secundarias implica la identificación y evaluación de aquellos lugares o situaciones donde existe un mayor riesgo de accidentes. Esto puede incluir curvas peligrosas, intersecciones conflictivas, zonas con alta densidad de tráfico, tramos con deficiencias en el pavimento, señalización insuficiente o falta de iluminación adecuada, entre otros factores. Una vez identificados los puntos críticos, es esencial desarrollar alternativas de prevención efectivas para reducir los riesgos y mejorar la seguridad en estas vías.

PALABRAS CLAVES:

CARACTERÍSTICAS: Punto crítico, Vía, Estado, Prevención, Seguridad vial.

PÁGINAS: 61 PLANOS:     ILUSTRACIONES:     CD ROOM:    

\*\*Copia No Controlada\*\*

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN A LA  
ACCIDENTALIDAD PRESENTADA EN EL CORREDOR VIAL RURAL DEL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE LOS SECTORES LA UNIÓN – BALSA, MUNICIPIO DE  
LABATECA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.

MAURICIO ELISEO GOMEZ CRUZ  
KAREN LIZETH RAMON QUINTERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN A LA  
ACCIDENTALIDAD PRESENTADA EN EL CORREDOR VIAL RURAL DEL TRAMO  
COMPRENDIDO ENTRE LOS SECTORES LA UNIÓN – BALSA, MUNICIPIO DE  
LABATECA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.

MAURICIO ELISEO GOMEZ CRUZ  
KAREN LIZETH RAMON QUINTERO

Tesis de Grado presentada como requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil

Director:

ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 7 DE MARZO DE 2023 **HORA:** 10:00 a. m.

**LUGAR:** SALA DE JUNTAS - FU308 - UFPS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA CIVIL

**TITULO DE LA TESIS:** "DIAGNOSTICO DE PUNTOS CRITICOS Y ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN A LA ACCIDENTALIDAD PRESENTADA EN EL CORREDOR VIAL RURAL DEL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOS SECTORES LA UNION – Balsa, MUNICIPIO DE LABATECA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER."

**JURADOS:** ING. EDGAR JAVIER VILLAMIZAR FLOREZ  
ING. CARLOS JAIR PORRAS MARTINEZ

**DIRECTORA:** INGENIERA MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
MAURICIO ELISEO GOMEZ CRUZ	1110822	4,3	CUATRO, TRES
KAREN LIZETH RAMOS QUINTERO	1113938	4,3	CUATRO, TRES

**A P R O B A D A**

  
ING. EDGAR JAVIER VILLAMIZAR FLOREZ

  
ING. CARLOS JAIR PORRAS MARTINEZ

Vo. Bo.   
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción	9
1. Problema	11
1.1 Título	11
1.2 Planteamiento del Problema	11
1.3 Formulación del Problema	12
1.4 Objetivos	13
1.4.1 Objetivo General.	13
1.4.2 Objetivos Específicos.	13
1.5 Justificación	13
1.6 Alcances y Limitaciones	14
1.6.1 Alcances.	14
1.6.2 Limitaciones.	15
1.7 Delimitaciones.	15
1.7.1 Delimitación Espacial.	15
1.7.2 Delimitación Temporal.	15
1.7.3 Delimitación Conceptual.	16
2. Marco Referencial	17
2.1 Antecedentes	17
2.1.1 Antecedentes Internacionales.	17
2.1.2 Antecedentes Bibliográficos.	18
2.2 Marco Contextual	20

2.3 Marco Teórico	20
2.4 Marco Conceptual	23
2.5 Marco Legal	25
3. Diseño Metodológico	28
3.1 Tipo de Investigación	28
3.2 Población y Muestra	28
3.2.1 Población.	28
3.2.2 Muestra.	28
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	29
3.3.1 Información Primaria.	29
3.3.2 Información Secundaria.	29
3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	29
4. Desarrollo del Proyecto	30
Conclusiones	51
Recomendaciones	53
Referencias Bibliográficas	55
Anexos	58

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Tramo vial de estudio.	20
Figura 2. Clasificación del tránsito automotor.	30
Figura 3. Formato de campo para aforo vehicular.	31
Figura 4. Porcentaje de categorización según el tipo de vehículo.	33
Figura 5. Tipo de vehículo.	35
Figura 6. Porcentaje de riesgo factor ambiental.	36
Figura 7. Presencia de desprendimiento de taludes.	36
Figura 8. Presencia de placa huella en la zona	38
Figura 9. Tipo de terreno.	39
Figura 10. Terreno Natural.	40
Figura 11. Capa de Rodadura en Afirmado.	41

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Resumen de aforos vehicular.	32
Tabla 2. Clase de vehículo que se conduce.	35
Tabla 3. El factor ambiental es un riesgo para la comunidad.	35
Tabla 4. Formato de oficina sobre características de infraestructura de placa huella.	42
Tabla 5. Resumen de diagnóstico de placa huellas.	42
Tabla 6. Puntos críticos identificados.	43

## **Introducción**

La accidentalidad vial en Colombia se ha convertido en uno de los graves flagelos de la vida moderna en nuestro país. En efecto, las muertes causadas por accidentes de tránsito, constituyen uno de los primeros renglones dentro de las causas de mortalidad. Por otra parte, los gastos por tratamiento de heridos, según datos del Ministerio de Salud, afectan considerablemente el presupuesto de ese Ministerio. Sin lugar a dudas, se puede decir que los accidentes de tránsito se han convertido en un grave problema de salud pública.

El problema de salud es razón suficiente para estudiar el fenómeno de la accidentalidad vial en Colombia. Sin embargo, los daños materiales, en ocasiones más fácilmente cuantificables, también alcanzan magnitudes significativas, las cuales permiten evaluar los beneficios económicos que pueden ser obtenidos al tomar medidas de prevención sobre la accidentalidad causada por la circulación de los vehículos automotores. El Instituto Nacional de Transporte ha venido analizando el problema de la accidentalidad prácticamente desde su constitución en 1968. Con la creación de la División de Seguridad Vial se ha sistematizado la consolidación de la información estadística sobre accidentes de tránsito y sus consecuencias. A pesar de las dificultades detectadas en el proceso de acopio de información, no hay duda que la planilla de accidentes, en la cual se consigna la información básica sobre estos incidentes, y las estadísticas sobre accidentes de tránsito, formato, donde se resumen los datos fundamentales de los siniestros de tránsito, representan documentos de especial importancia para evaluar las causas de los accidentes y los lugares de mayor conflicto. El análisis de esta información permitirá tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos que conlleva el desarrollo de una de las actividades fundamentales de la vida moderna, como lo es el tránsito de vehículos.

Es bien sabido que en los accidentes de tránsito intervienen tres elementos fundamentales: El hombre, como conductor, peatón, el vehículo y la vía, Sobre los dos primeros elementos ha venido trabajando el ministerio de vías y transporte. La reciente reforma del Código de Tránsito permitirá mejorar copiosamente las condiciones en que se ha venido habilitando a las personas para la conducción de vehículos. La capacitación, que se espera lograr con la colaboración del SENA, reemplazará la experiencia, la cual, en este caso, se ha demostrado más como la repetición de errores, que como una sustancial superación de los factores determinantes de la adecuada capacidad para la conducción. En el caso de los vehículos, se ha venido dotando a las principales ciudades con centros de diagnóstico automotor, como elementos objetivos para establecer las condiciones de funcionalidad de estos aparatos. Estos centros han demostrado probada eficiencia para disminuir la accidentalidad causada por las llamadas fallas mecánicas.

El tercer elemento causante de la accidentalidad, la vía, completa objetivamente el cuadro: en efecto, si en un determinado lugar se repiten accidentes con relativa frecuencia, es de suponer que la causa determinante de los mismos obedece a las condiciones de la vía y no a factores humanos o mecánicos, siendo, por tanto, necesario mejorar los elementos relativos al diseño vial. Este tercer factor determinante de la accidentalidad apenas empieza a ser analizado.

Con este proyecto se pretende identificar los sectores críticos de accidentalidad en las vías terciarias específicamente para el corredor vial rural la unión – balsa, en resumen, la identificación de puntos críticos en las vías rurales de Colombia es esencial para garantizar la seguridad vial, mejorar la movilidad, fomentar el desarrollo económico y proteger el medio ambiente.

# 1. Problema

## 1.1 Título

“Diagnóstico de Puntos Críticos y Alternativas de Prevención a la Accidentalidad presentada en el Corredor Vial Rural del tramo comprendido entre los sectores La Unión – Balsa, municipio de Labateca, departamento de Norte de Santander”.

## 1.2 Planteamiento del Problema

Es importante determinar los puntos críticos en las vías rurales de Colombia por varias razones:

*Seguridad vial:* Los puntos críticos en las vías rurales son aquellos donde se han registrado accidentes de tráfico o donde hay un mayor riesgo de accidentes debido a factores como la topografía, la falta de señalización o la presencia de obstáculos en la vía. Al identificar estos puntos críticos, se pueden tomar medidas para mejorar la seguridad vial, como la construcción de barreras de protección, la colocación de señalización adecuada, entre otros.

*Movilidad:* En las zonas rurales de Colombia, las vías son el principal medio de transporte para los habitantes y para la movilización de productos y servicios. Al identificar los puntos críticos en las vías, se pueden tomar medidas para mejorar la movilidad, como la construcción de puentes, la reparación de la superficie de la vía o la construcción de carreteras alternativas.

*Desarrollo económico:* Las vías rurales son fundamentales para el desarrollo económico de las zonas rurales de Colombia, ya que permiten el acceso a los mercados, la movilización de insumos y la llegada de servicios básicos. Al identificar los puntos críticos en las vías, se pueden

tomar medidas para mejorar el acceso a los mercados, lo que puede contribuir a la generación de empleo y al desarrollo económico local.

*Protección del medio ambiente:* Los puntos críticos en las vías rurales pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente, como la erosión del suelo, la contaminación del agua y el aire, y la degradación de los ecosistemas naturales. Al identificar estos puntos críticos, se pueden tomar medidas para minimizar el impacto ambiental, como la implementación de prácticas de conservación de suelos y la construcción de infraestructura que minimice el impacto ambiental. Es de resaltar la importancia de la señalización vial para la prevención de la accidentalidad en las vías ya sea primarias, secundarias o terciarias, puesto que estas señalan a qué velocidad se puede transitar, si hay deslizamientos, si hay tramos en obra, etc.

De ahí nace el estudio de este proyecto, pues se logra evidenciar la falta de señalización de la vía, en el tramo vial de estudio, toda vez que esto puede generar desconfianza, intolerancia y falta de solidaridad tanto de peatones como conductores de los diferentes vehículos, ya sean automotores o de tracción humana, factor que influye en la accidentalidad.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Por qué el análisis de puntos críticos de accidentalidad para el corredor vial la unión - balsa, Norte de Santander; ayuda a generar soluciones a la accidentalidad vial que se presenta en este tramo vial rural?

## **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo General.** Determinar los puntos críticos donde se presenta mayor accidentalidad en el tramo de vía de los sectores La Unión – Balsa, municipio de Labateca del departamento Norte de Santander.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Evaluar el estado de la infraestructura vial, incluyendo la condición física de las vías, la capacidad de transporte y la seguridad.
- Identificar las necesidades de mantenimiento y reparación de la infraestructura vial.
- Proporcionar información para la planificación y gestión del transporte, la seguridad vial y el desarrollo rural.
- Establecer una base de datos para el monitoreo y evaluación continua de la infraestructura vial.

## **1.5 Justificación**

Este proyecto se destaca por identificar los factores de riesgo que aparecen en esta vía, educar a los lugareños sobre el significado de cada señal y crear decencia y respeto por estas señales de tránsito. Por ello, tratamos de identificarlos y analizarlos. Con el fin de desarrollar una estrategia de prevención de accidentes para este corredor vial, factores de riesgo de accidentes que ocurren en el Corredor Vial La Unión - Balsa, Municipio Labateca en Norte de Santander.

Es de gran importancia la formulación de este documento ya que la inter comunicación vial es muy importante toda vez a que responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en la red vial de un país, un departamento, un municipio, la región, Las señalizaciones viales cumplen

un factor importante en la vida y la integridad de las personas que transitan a diario por estas vías, Por lo tanto, las señales viales son los medios físicos empleados para indicar a los usuarios del corredor vial la forma más correcta y segura de transitar por la misma a su vez les permiten tener una información precisa de los obstáculos y condiciones en que ella se encuentra.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

El análisis de puntos críticos en una vía rural puede ser una herramienta útil para identificar áreas problemáticas y planificar soluciones para mejorar la seguridad y eficiencia del tráfico en la vía. Sin embargo, existen alcances y limitaciones en este tipo de análisis, que se describen a continuación:

**1.6.1 Alcances.** *Identificación de problemas:* El análisis de puntos críticos permite identificar las áreas de la vía rural que presentan problemas, tales como curvas peligrosas, intersecciones conflictivas, pasos a nivel, entre otros.

*Priorización de soluciones:* Una vez identificados los puntos críticos, se pueden priorizar las soluciones de manera que se puedan abordar los problemas más graves primero.

*Mejora de la seguridad vial:* El análisis de puntos críticos puede ayudar a mejorar la seguridad vial al identificar áreas de la vía donde hay un mayor riesgo de accidentes y planificar soluciones para reducir ese riesgo.

*Reducción de costos:* La identificación temprana de puntos críticos y la implementación de soluciones puede reducir los costos asociados con el mantenimiento y reparación de la vía, así como los costos asociados con los accidentes.

**1.6.2 Limitaciones.** *Complejidad del análisis:* El análisis de puntos críticos puede ser complejo y requiere de una valuación detallada de la vía y el entorno circundante.

*Falta de datos:* Es posible que no haya suficiente información disponible para realizar un análisis exhaustivo de puntos críticos, lo que puede limitar la eficacia de las soluciones propuestas.

*Costo:* La implementación de soluciones para puntos críticos puede ser costosa, especialmente en áreas remotas o con recursos limitados.

*Limitaciones de la infraestructura:* En algunos casos, la infraestructura existente puede limitar las soluciones que se pueden implementar para mejorar la seguridad vial. Por ejemplo, si no hay suficiente espacio para ensanchar la vía o construir una intersección elevada, entonces puede ser difícil implementar soluciones efectivas.

Los cambios climáticos que son frecuentes en el sector los cuales ocasionan consecuencia que pueden interrumpir la programación de las actividades que se realizaran.

## **1.7 Delimitaciones.**

**1.7.1 Delimitación Espacial.** El lugar donde se llevará a cabo el estudio, es el tramo vial la Unión - Balsa municipio de Labateca, Norte de Santander.

**1.7.2 Delimitación Temporal.** El periodo de estudio y ejecución que abarcará el presente proyecto será a partir de la aprobación del anteproyecto y tendrá un tiempo determinado de 4 meses, en los que se cumplirán a cabalidad los objetivos planteados. Los cuales están establecidos en el cronograma de actividades.

**1.7.3 Delimitación Conceptual.** Se tratarán términos relacionados con:

- Punto critico
- Delimitación
- vía
- Seguridad en la vía

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Antecedentes Internacionales.** El análisis de puntos críticos en vías rurales es una práctica común en varios países del mundo. A continuación, se presentan algunos ejemplos de antecedentes internacionales de este tipo de análisis:

*Estados Unidos:* El Departamento de Transporte de los Estados Unidos (USDOT) ha desarrollado una metodología para el análisis de puntos críticos en carreteras rurales, conocida como "Highway Safety Manual". Esta metodología permite identificar los puntos críticos en la vía y determinar las soluciones más efectivas para reducir los accidentes.

*Canadá:* El gobierno de Canadá ha desarrollado una herramienta en línea llamada "Road Safety Analysis Tool" que permite a los ingenieros de tráfico analizar los puntos críticos en carreteras rurales y urbanas. Esta herramienta proporciona información detallada sobre las características de la vía y los accidentes registrados en la zona.

*Australia:* El Departamento de Transporte de Australia ha desarrollado una guía para el análisis de puntos críticos en carreteras rurales, conocida como "Guide to Road Safety Part 6: Road Safety Audit". Esta guía proporciona una metodología detallada para identificar los puntos críticos y desarrollar soluciones efectivas para mejorar la seguridad vial.

*Reino Unido:* El gobierno del Reino Unido ha desarrollado una herramienta en línea llamada "iRAP" (International Road Assessment Program) que permite a los ingenieros de tráfico analizar los puntos críticos en carreteras rurales y urbanas de todo el mundo. Esta herramienta

utiliza datos de accidentes para identificar los puntos críticos y proporciona soluciones específicas para cada caso.

En resumen, el análisis de puntos críticos en vías rurales es una práctica común en varios países del mundo, y existen diversas metodologías y herramientas disponibles para llevar a cabo este tipo de análisis.

En Latinoamérica existe una peligrosa y perversa tendencia de las autoridades competentes en materia vial, apuntada a pretender solucionar o corregir defectos estructurales o de diseño geométrico y de falta de reparación, mantenimiento o conservación de las vías de circulación a través de la señalización vial transitoria que pasa a ser permanente. Resulta imperioso e imprescindible que la autoridad vial competente salga de su pasividad y retome las obligaciones a su cargo con responsabilidad, profesionalidad y el dinamismo que la actividad impone, tomando oportunas decisiones que contribuyan a organizar la “disputa espaciotemporal” que existe en materia vial y que tendrá como efecto directo lograr que el usuario de la vía pueda resolver con previsión temprana los riesgos y contingencias que le plantea el tránsito por el espacio vial.

**2.1.2 Antecedentes Bibliográficos.** *Quintero Carrascal, Mayduth Anthuan.* Estudio de accidentalidad y definición de posibles causas y soluciones de la carretera Aguaclara - Ocaña ruta 7007. Trabajo de grado. Ingeniera civil. Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ingeniería. Plan de estudio de ingeniería civil, año 2014, 212 p.

El presente documento, es un estudio realizado en el corredor vial Aguaclara-Ocaña ruta 7007 el cual surge de la necesidad de conocer los diferentes puntos críticos con mayor accidentalidad, estableciendo las distintas causas y posibles soluciones para mitigar el problema mitigado. Los

diferentes usuarios que dan uso de este corredor vial se encuentran expuestos a múltiples riesgos que involucran directamente su bienestar.

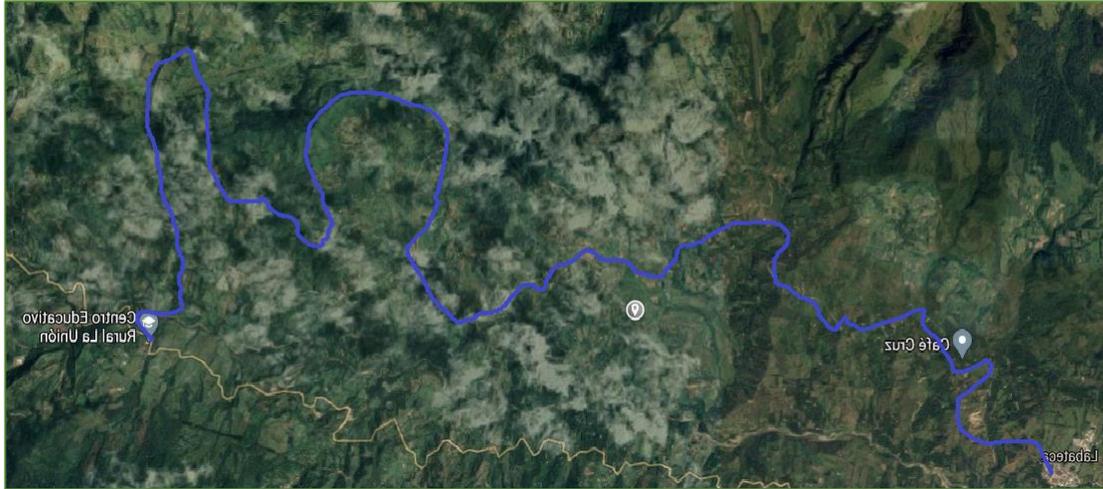
De acuerdo a la información obtenida y realizada posteriormente, se define las diferentes problemáticas que presenta actualmente y que provoca descontrol en el tránsito cómodo y seguro, e inseguridad para el bienestar de las personas que transitan esta vía, se plantea una propuesta que intentara mitigar los riesgos cumpliendo con los lineamientos expuestos.

*Arias Noriega, Diana Paola.* Estudios y análisis del nivel de accidentalidad de la calle 1 entre carrera 8 y 26 y de la calle 10n entre carrera 26 y 40 de la ciudad de Aguachica Cesar, para la identificación de puntos críticos y posibles soluciones de éstos. Trabajo de grado. Ingeniera civil. Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ingeniería. Plan de estudio de ingeniería civil, año 2015, 145 p.

El presente trabajo contiene los estudios y análisis del nivel de accidentalidad de la calle 1 entre carrera 8 y 26 y de la calle 10N entre carrera 26 y 40 del municipio de Aguachica - Cesar, el cual presenta una gran demanda de accidentes y alto flujo vehicular a lo largo de su trayecto; esta investigación surge de la necesidad de conocer otros factores que influyan en la problemática y así poder dar posibles soluciones para mitigar este gran impacto en el municipio. Los estudios y análisis de este proyecto contemplan aforos o conteos vehiculares, auscultación de la vía, recolección de información tal como estadísticas de accidentes en el año 2014, encuestas realizadas a peatones, conductores y comunidad residente de la zona, levantamiento topográfico de la vía y por último se propone un plan de señalización a lo largo de la vía, propuesto en base al plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Aguachica.

## 2.2 Marco Contextual

El proyecto vial en cuestión, se encuentra localizado en el corredor vial La Unión - Balsa, municipio de Labateca del departamento Norte de Santander, En la Figura 1, se puede observar un esquema de la localización del proyecto.



*Figura 1. Tramo vial de estudio.*

*Fuente: Google Maps.*

## 2.3 Marco Teórico

El análisis de puntos críticos en las vías rurales de un departamento puede basarse en un marco teórico que incluya los siguientes elementos:

I) Definición de puntos críticos: Es importante definir qué se entiende por un punto crítico en una vía rural. En general, se considera que un punto crítico es una sección de la vía donde ocurren accidentes con mayor frecuencia o donde existe un mayor riesgo de accidentes.

Los puntos críticos en una vía rural son aquellos lugares en la carretera donde la frecuencia de accidentes es mayor o donde existe un mayor riesgo de accidentes. Estos puntos pueden ser el resultado de diversos factores, como, por ejemplo, la geometría de la vía, el tipo y cantidad de

tráfico, las condiciones climáticas, la presencia de obstáculos en la carretera, la calidad del pavimento, entre otros.

Los puntos críticos pueden ser identificados a través del análisis de datos de accidentes en la vía, lo que permite determinar las secciones de la carretera donde ocurren con mayor frecuencia. Además, también es posible identificar puntos críticos a través de evaluaciones visuales o inspecciones de la vía por parte de expertos en seguridad vial.

Es importante destacar que los puntos críticos no siempre se encuentran en áreas urbanas o en las zonas con mayor tráfico. En muchas ocasiones, los puntos críticos pueden estar ubicados en zonas rurales, donde la velocidad de los vehículos es alta, las carreteras son estrechas o la visibilidad es limitada.

Una vez identificados los puntos críticos en una vía rural, es posible desarrollar soluciones específicas para mejorar la seguridad vial, como la instalación de señalización adecuada, la modificación de la geometría de la carretera, la reducción de la velocidad de los vehículos, entre otras medidas.

II) La identificación de los factores de riesgo en una vía rural es fundamental para el análisis de puntos críticos y para el diseño de soluciones efectivas para mejorar la seguridad vial en la vía. A continuación, se presentan algunos de los factores de riesgo más comunes que se deben considerar al identificar los puntos críticos en una vía rural:

*Geometría de la vía:* Las curvas cerradas, las pendientes pronunciadas y las intersecciones mal diseñadas pueden aumentar el riesgo de accidentes.

*Condiciones climáticas:* Las condiciones climáticas adversas, como la lluvia, la nieve o el hielo, pueden reducir la visibilidad y el agarre de los vehículos en la carretera, lo que aumenta el riesgo de accidentes.

*Tipo y cantidad de tráfico:* El volumen de tráfico y la presencia de vehículos lentos o pesados pueden aumentar el riesgo de accidentes, especialmente en carreteras estrechas o sinuosas.

*Estado del pavimento:* El pavimento en mal estado, con baches, irregularidades o falta de mantenimiento, puede aumentar el riesgo de accidentes, especialmente a altas velocidades.

*Iluminación:* La falta de iluminación en la carretera, especialmente en zonas de baja visibilidad o durante la noche, puede aumentar el riesgo de accidentes.

*Obstáculos en la vía:* La presencia de obstáculos en la carretera, como árboles, postes de luz o señales de tráfico, puede aumentar el riesgo de accidentes, especialmente en zonas de curvas cerradas o en intersecciones mal diseñadas.

*Comportamiento de los conductores:* Los comportamientos de los conductores, como la velocidad excesiva, el uso del teléfono móvil mientras se conduce, el consumo de alcohol o drogas, pueden aumentar el riesgo de accidentes en la carretera.

Para identificar estos factores de riesgo, es posible utilizar una variedad de herramientas, como inspecciones visuales de la vía, análisis de datos de accidentes, entrevistas a conductores y expertos en seguridad vial, y estudios de ingeniería de tráfico. Al identificar los factores de riesgo en una vía rural, es posible desarrollar soluciones específicas para mejorar la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes en la carretera.

III) Selección de indicadores de seguridad vial: Para evaluar el nivel de seguridad vial en las vías rurales, es necesario seleccionar indicadores relevantes, tales como la tasa de accidentes, el número de víctimas, el tipo de accidentes, entre otros.

IV) Metodologías de análisis: Existen varias metodologías para analizar los puntos críticos en las vías rurales, tales como el análisis de frecuencia de accidentes, el análisis de la severidad de accidentes, el análisis de factores de riesgo, entre otros.

V) Soluciones para los puntos críticos: Una vez identificados los puntos críticos, es necesario proponer soluciones específicas para cada caso, tales como la mejora de la señalización, la modificación de la geometría de la vía, la reducción de la velocidad, la mejora de las condiciones de visibilidad, entre otras.

VI) Evaluación de impacto: Es importante evaluar el impacto de las soluciones implementadas para los puntos críticos, para determinar si se han logrado reducir los accidentes y mejorar la seguridad vial en la vía rural.

## **2.4 Marco Conceptual**

### **Inventario vial rural.**

El inventario vial rural es un registro detallado de las características de las carreteras y caminos ubicados en zonas rurales. Este inventario recopila información sobre la longitud de la vía, el tipo de superficie y pavimento, la anchura, la pendiente, la presencia de obstáculos y otros elementos importantes que afectan la seguridad vial y la capacidad de la carretera para soportar el tráfico.

El inventario vial rural es un elemento fundamental en la planificación y gestión del mantenimiento y la mejora de las carreteras rurales, ya que proporciona información valiosa sobre la infraestructura vial existente, lo que permite identificar las necesidades de mantenimiento y mejorar la seguridad vial de la vía.

La recopilación de datos para el inventario vial rural puede ser realizada a través de inspecciones visuales de la vía, el uso de herramientas de medición de la superficie y otros dispositivos de recopilación de datos, como GPS y sistemas de información geográfica (GIS). La información recopilada se registra en una base de datos que puede ser utilizada para generar informes y análisis detallados para el mantenimiento, planificación y gestión de la carretera.

### **Accidente de tránsito.**

Los accidentes de tránsito son tema de estudio de la Organización Mundial de la Salud. Según la Ley 769 de 20023, un accidente de tránsito, es todo evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él. En el concepto de seguridad vial un accidente de tránsito, es resultado de la orientación e incidencia de cada uno de los componentes del contexto y del sentido que el actor le da a cada uno de sus elementos, que en última instancia terminaría configurando la situación de riesgo de la accidentalidad vial de la ciudad.

### **Demarcaciones.**

Las demarcaciones son las rayas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, brocales y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se

colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

### **Infraestructura vial.**

La infraestructura vial es el elemento principal para movilización de todo el sistema de transporte terrestre. “Se puede definir como las instalaciones, servicios y medios básicos que son necesarios para el funcionamiento del transporte por autopistas, carreteras y calles. En la infraestructura vial se debe considerar el uso de los terrenos y la planificación de la red, la (re)construcción y diseño de secciones e intersecciones de carreteras, la señalización vertical y horizontal y el mantenimiento” (Kuratoriumfür, 2013 p. 9).

### **Seguridad vial.**

Según Pico Merchán, Gonzales Pérez, Noreña Aristizábal, (2011) encuentran que la seguridad vial “debe ser concebida como un sistema social que se caracteriza de manera holística, el cual comprende una variedad de actividades o procesos en los que participan diferentes actores que interactúan entre sí en ambientes físicos, mediante la utilización de medios de transporte motorizados o no motorizados. Es importante anotar que, de una manera ideal, es necesario que este sistema social tenga una dinámica libre de conflictos y contradicciones, puesto que su finalidad es la prevalencia de la vida de las personas, además del mantenimiento óptimo de la infraestructura”.

## **2.5 Marco Legal**

EL Consejo Superior Universitario de la Universidad Francisco de Paula Santander, estableció el Estatuto Estudiantil el día 26 de agosto de 1996 mediante el acuerdo No. 065, donde

Artículo 38. Ningún estudiante podrá graduarse con promedio ponderado acumulado inferior a tres, uno (3.1).

Parágrafo: El Estudiante que haya aprobado el 80% de los créditos de su plan de estudios, podrá matricular adicionalmente proyectos académicos en áreas de investigación, aprobación del Comité Curricular del plan de estudios respectivo, con el fin de mejorar su promedio ponderado acumulado, o de iniciar su proyecto de grado.

El proyecto se enmarca desde la Constitución Política de Colombia de 1991, la cual en su artículo 1º menciona que: “Colombia es un Estado Social de Derecho, fundado en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que lo integran, y en la prevalencia del interés general”.

De igual forma, el artículo 2 de la misma establece en su segundo inciso que “Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares”.

Es decir que las autoridades de tránsito son las que realizan las actividades de control de las carreteras para el cumplimiento de las normativas reglamentadas en la circulación de las vías. El respeto por estas normas permite que se salvaguarden la vida y los bienes de quienes por ellas circulan, es decir que deben velar no solamente porque los ciudadanos cumplan con las normas de tránsito, sino que también deben velar porque las vías se encuentren en un excelente estado, con sus respectivas demarcaciones, señalizaciones y semáforos.

El artículo 24 de la precitada Constitución plantea: “todo colombiano puede circular libremente por el territorio nacional, con las limitaciones que establezca la Ley” y, en su Artículo 79 dicta que “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, y es deber del Estado protegerlo”. En este sentido, el Estado colombiano, y especialmente los alcaldes, gobernadores y autoridades de tránsito, deben brindar a los usuarios de las vías seguridad y éstos a su vez respetar las normas y reglamentación estipulada para su protección.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Según Tamayo, (2003); de campo por ser una observación directa y en vivo, de cosas, comportamientos de personas, circunstancias en que ocurren ciertos hechos; por ese motivo la naturaleza de las fuentes determina la manera de obtener los datos; utilizando técnicas para el acopio de material (p. 31). Evidentemente descriptiva, porque comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos; se conduce o funciona en el presente; ya que trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. (p. 32).

Así mismo se ubica dentro del diseño transeccional, ya que se da la recolección de datos en un solo momento y en un tiempo único; según Tamayo, (2003). Esto representa que es cualitativa; por cuanto toma en cuenta la observación y las características del entorno circundante donde se encontraron las debilidades existentes. Igualmente se debe tener claro que estos tipos y formas de investigación se entrecruzan en la realidad como nos lo expresa.

#### **3.2 Población y Muestra**

**3.2.1 Población.** Corresponde al tramo vial rural la unión - balsa, municipio de LABATECA del departamento Norte de Santander.

**3.2.2 Muestra.** Se tomará a través del diagnóstico a realizar en los sectores mencionados en la parte de los objetivos, el cual permitirá determinar la necesidad que hay en cuanto a la demarcación y señalización vial en los puntos críticos localizados.

### **3.3 Instrumentos para la Recolección de Información**

Para la recolección de información, se analizarán la información suministrada por parte de las diferentes entidades.

**3.3.1 Información Primaria.** La investigación obtenida directamente de las entidades, así como la información recolectada en campo.

**3.3.2 Información Secundaria.** Es la información que se obtiene de fuentes como tesis, libros, asesorías, entre otras. Y la asesoría pertinente del director de proyecto.

### **3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos**

En el presente aparte se aplicará de forma más precisa un análisis de interpretación de los datos obtenidos, en relación a la información recopilada del sector como muestra.

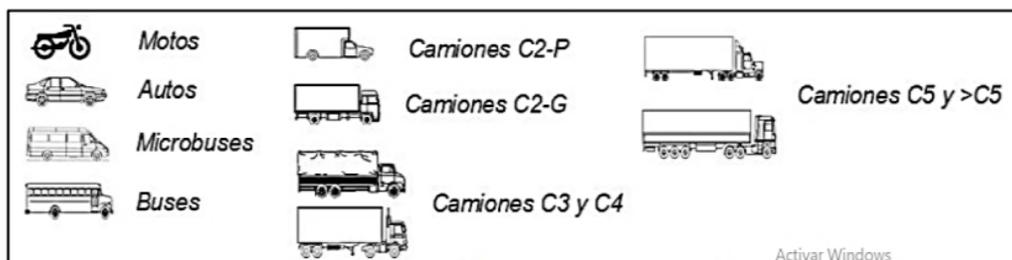
Los resultados que se obtendrán al final del trabajo serán presentados por medio de cuadros indicadores de resultados, tablas, cuadros y gráficas. También se tendrá en cuenta la entrega el proyecto de grado final.

## 4. Desarrollo del Proyecto

### Clasificación del tránsito que circula por el corredor vial.

Unos de los objetivos principales de la categorización vehicular es determinar el tipo de vehículos que transitan en la vía en estudio, en un lapso de tiempo por medio aforos vehiculares en puntos definidos de la vía y de esta manera determinar las condiciones de operación de vehículos, capacidad, su nivel de servicio, numero de ejes equivalentes a 8.2 toneladas y la demanda vehicular futura.

Teniendo en cuenta lo anterior, para este análisis se tomó como guía la metodología presentada en el documento de mejoramiento de vías terciarias – vías de tercer orden del DNP (Departamento nacional de Planeación) y el MINISTRANSPORTE (Ministerio de Transporte), el cual consiste que el mejoramiento de vías terciarias – vías de tercer orden, se debe implementar un aforo vehicular en ambos sentidos de circulación para determinar los volumen de tránsito, se recomienda conteos simplificados en una estación especifica durante 10 horas continuas durante dos días (uno típico y otro atípico), y además, la información que se obtiene de los aforos, se deben clasificar los vehículos que transitan por la vía según su tipología, teniendo en cuenta la resolución 4100 del 2004 tal como lo muestra la Figura 2.



**Figura 2.** Clasificación del tránsito automotor.

Fuente: Resolución 4100 INVIAS

Cabe resaltar que en la zona no existe ningún serie histórica y composición del tránsito promedio diario (TPD) y Para dar el cumplimiento a lo establecido en la norma de diseño del manual de INVIAS en su edición 2008, se realizó un aforo manual o conteos manuales, estos se realizaron en días estratégicos (lunes 26 de abril, viernes 07 de mayo y domingo 09 de mayo del presente año) en el periodo comprendido de 6 de la mañana a 5 de la tarde, siendo considerados como días de mayor tránsito vehicular.

A continuación, se muestra en la Figura 3, el formato de campo utilizado para la realización de los aforos manual.

AFORO VEHICULAR														
DIA														
FRANJA	DIURNA	TIEMPO	6:00am a 12:00 pm		SENTIDO									
PERIODO	A		B			C-2		OTROS					TOTAL	
	Automoviles	Camionetas	Microbuses	Busetas	Bus Foraneo	Dos Ejes		C-3	C-4	C-5	>C-5	MOTO		
														
06:00-07:00														
07:00-08:00														
08:00-09:00														
09:00-10:00														
10:00-11:00														
11:00-12:00														
TOTAL DE VEHICULOS CALIFICADOS														
FRANJA	TARDE	TIEMPO	1:00am a 5:00 pm		SENTIDO									
PERIODO	A		B			C-2		OTROS					TOTAL	
	Automoviles	Camionetas	Microbuses	Busetas	Bus Foraneo	Dos Ejes		C-3	C-4	C-5	>C-5	MOTO		
														
01:00-02:00														
02:00-03:00														
03:00-05:00														
04:00-05:00														
TOTAL DE VEHICULOS CALIFICADOS														

**Figura 3.** Formato de campo para aforo vehicular.

De este modo, se procede a realizar el aforo manual, utilizando el formato de campo que permite acumular los vehículos cada 60 minutos (1 hora), caracterizándolos por movimiento, por tipo de vehículo y periodo. Como se puede evidenciar en el Anexo 1, se realizaron 3 aforos vehiculares durante 10 horas continuas ( 1 día atípico y 2 días típicos ), el aforo del día atípico se

realizó en la entrada de la vía, en sentido, la Unión- Santa María- Balsa y los otros dos aforos típicos se realizaron en la entrada de la vía, en sentido Balsa- Santa María- La Unión, donde se inicia a las 06:00 am y se termina a las 12:00 pm y en la tarde se inicia a las 01: 00pm y termina a las 05:00pm, donde se puede observar de manera clara el comportamiento del flujo vehicular.

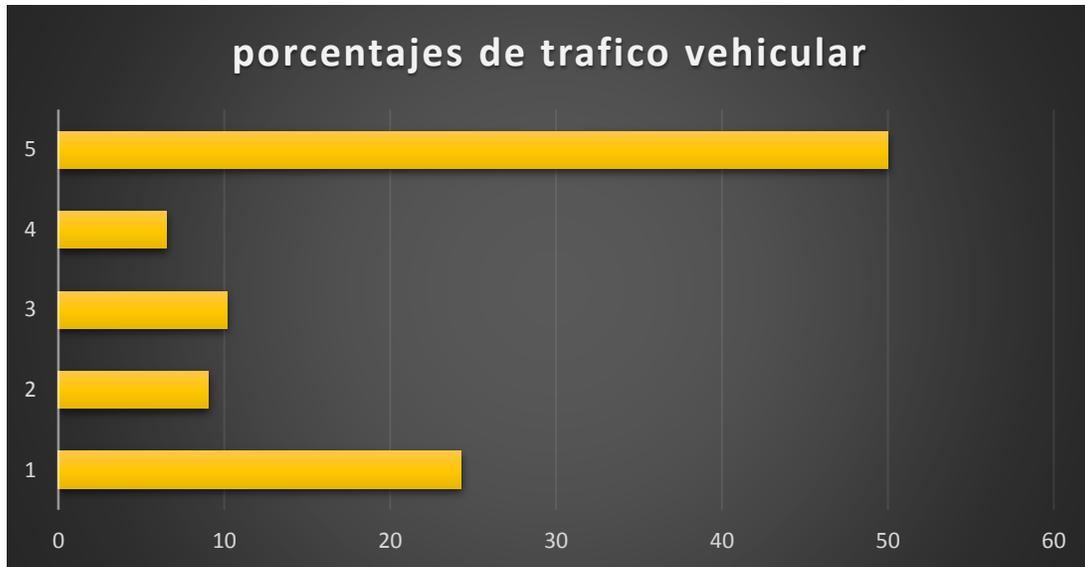
Teniendo en cuenta el resultado obtenido del Anexo 1 a continuación, se detalla gráficamente los tipos de vehículos con más frecuencia en la zona de estudio.

**Tabla 1.**

*Resumen de aforos vehicular.*

<b>RESUMEN DE AFOROS VEHICULARES</b>						
<b>DIA DE AFORO</b>	<b>Autos</b>	<b>C2P</b>	<b>C2G</b>	<b>C-3</b>	<b>Motos</b>	<b>Total, vehículos</b>
Martes	17	6	14	7	47	91
Jueves	22	7	11	10	42	92
Sábado	28	12	3	1	49	93
Total	67	25	28	18	138	276
%	24.35%	9%	10.15%	6.5%	50%	100%

Como se puede apreciar en la tabla 1, en el corredor vial la unión - balsa, del municipio de Labateca Departamento Norte de Santander, el día con mayor flujo vehicular es el domingo con un resultado de 93 vehículos por día, de los cuales 28 son autos, 12 camiones pequeños (C-2P), 3 camiones grandes (C-2G), 1 camiones o volquetas de 3 ejes (C-3) y 49 motocicletas. Así mismo, es preciso destacar el porcentaje de fluencia de los vehículos durante las tres jornadas de estudio de la vía tal como lo muestra la Figura 4.



*Figura 4. Porcentaje de categorización según el tipo de vehículo.*

Según la gráfica anterior del porcentaje de categorización de la vía en estudio, se puede apreciar que el vehículo con mayor flujo vehicular es la motocicleta con un porcentaje del 50 %, seguidamente el auto con un valor de 24.35%, después el C-2P con el 10.15%, el C-2G con el 9% y finalmente el C-3 con el 6.5%, así mismo es importante destacar que los vehículos tipo (buses, microbuses, minibuses, C-4, C-5, >C-5 no transitan por este corredor debido a que es una vía de tercer orden.

**Mecanismo de recopilación de información de accidentalidad e identificación de los factores de riesgo que se presentan en el corredor vial.**

Durante las visitas técnicas que se realizó en el corredor vial, la cual es jurisdicción del Municipio de Labateca se pudo observar el alto índice de accidentalidad que están expuestos la comunidad, donde una de las causas principales es el estado de la infraestructura, el factor ambiental y el factor humano. Así mismo, es importante destacar que durante las visitas técnicas se observó que el flujo de vehículos tipo C-3 (Volquetas de doble troque) invaden la totalidad de

la calzada de la vía, obligando retroceder al otro vehículo, arriesgando la integridad física de los ocupantes.

Para correlacionar lo expuesto anteriormente, se solicitó el registro de accidentalidad del corredor vial al inspector del Municipio de Labateca, lo cual manifiesta verbalmente que no cuenta con una estadística general de dicha información, por esa razón para la realización de este proyecto, se propuso implementar una encuesta a 25 habitantes que utilicen este corredor vial, con el fin de analizar estadísticamente la accidentalidad y los factores de riesgo que se presentan en la vía.

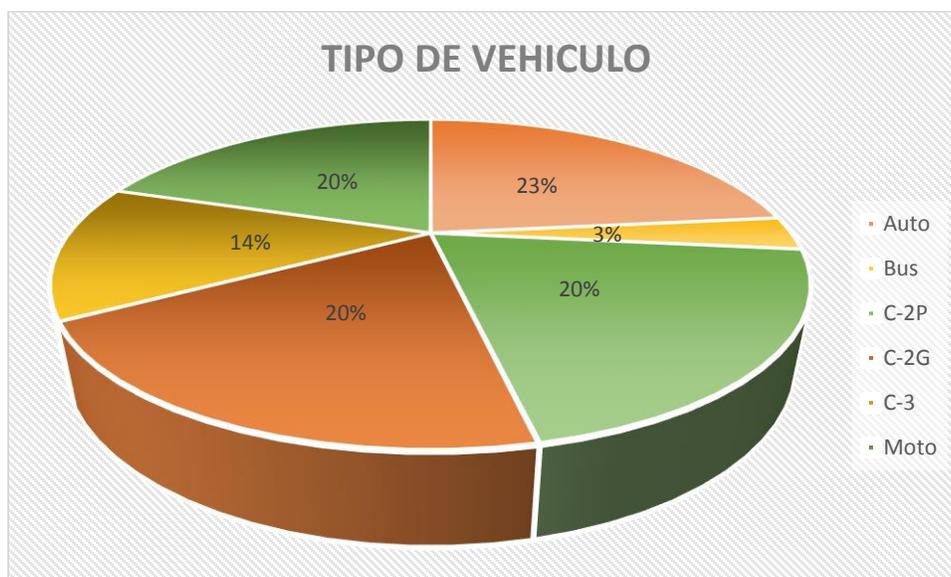
De esta manera, se elaboró un formato tipo encuesta Ver Figura 5, donde se condesa la información personal, el tipo de vehículo que conducen los usuarios, la frecuencia con que transita, la accidentalidad de los usuarios en el corredor vial donde se destaca el tipo de siniestro y la severidad, así mismo, es importante determinar el factor de mayor riesgo en la vía, lo cual se planteó 6 preguntas relacionadas a los factores de infraestructura, humano, vehículo y Ambiental.

A continuación, se realiza el análisis de las respuestas obtenidas.

Se preguntó a 30 personas que transitan por la vía para identificar el tipo de vehículo en el que transitan.

**Tabla 2.***Clase de vehículo que se conduce.*

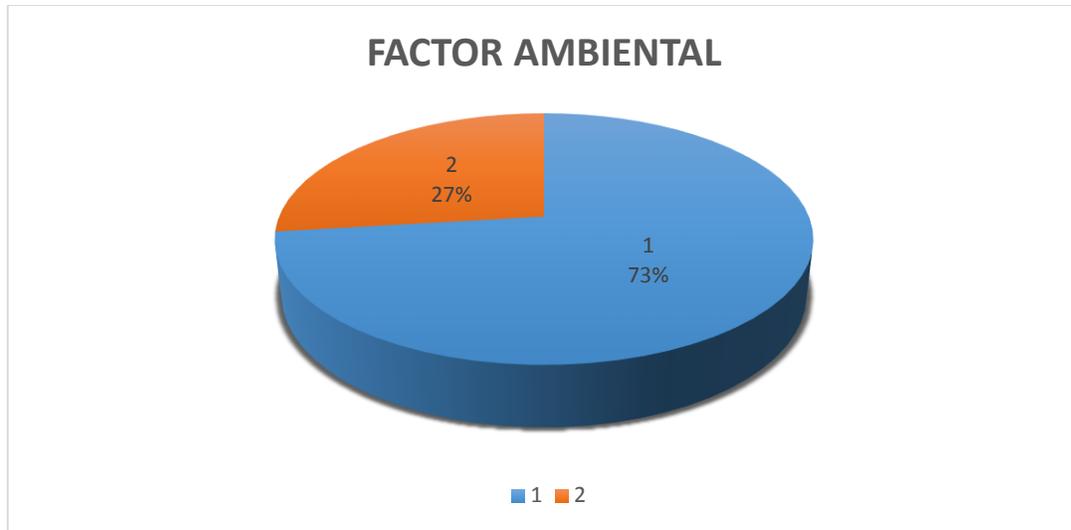
VEHICULO QUE SE CONDUCE		
Tipo de vehículo	Cantidad	%
Auto	7	23%
Bus	1	3%
C-2P	6	20%
C-2G	6	20%
C-3	4	14%
Moto	6	20%
Total	30	100%

**Figura 5.** Tipo de vehículo.

Se redactó esta pregunta con el fin de determinar si el factor ambiental ocasiona siniestros viales en el tramo de estudio.

**Tabla 3.***El factor ambiental es un riesgo para la comunidad.*

Factor ambiental		
Riesgoso	Cantidad	%
SI	22	73%
NO	8	27%
Total	30	100%



**Figura 6.** *Porcentaje de riesgo factor ambiental.*

El estado ambiental en la zona y sobre todo en el tramo en estudio fue muy importante tenerlo en cuenta, puesto que en el Municipio de Toledo y Municipio de Labateca su precipitación es alta puesto que las lluvias presentadas a diario afectan en la estabilidad de taludes e incluso de la capa de rodadura, dicho lo anterior, se puede evidenciar que los usuarios de la vía consideran que estos factores como (lluvias, fallas geológicas) ocasionan el 73% de riesgo de accidentalidad en la vía. Tal como lo muestra la figura 7.



**Figura 7.** *Presencia de desprendimiento de taludes.*

## **Análisis desde el punto de vista de la seguridad vial la infraestructura del corredor vial.**

Durante el desarrollo de cualquier política de gestión vial en nuestro país se habla que los siniestros viales son responsabilidad exclusiva de los usuarios individuales. Hoy en día todavía se suele escuchar que “el error humano es el mayor factor que incide en los accidentes de tránsito” por lo que la respuesta inmediata suele ser el persuadir a los usuarios a la “concientización “, sin embargo, este comportamiento humano incide el contexto y el entorno. Las influencias indirectas como la oferta, el diseño y la distribución de la vía, la naturaleza del vehículo, afectan el comportamiento de manera importante, tal como lo muestra el resultado de la encuesta que se aplicó para el desarrollo de este proyecto donde el 100% de los entrevistados afirmaron que la infraestructura es el factor principal de la accidentalidad vial del tramo.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se realiza una descripción general y la manera que se recopiló la información.

### **Descripción General.**

El tramo en estudio presenta una longitud de 18 km, la geometría de la vía se traza en una curvatura a lo largo del trayecto Ver figura 1. Durante toda la vía se observa una sección transversal angosta lo que genera alto índice de accidentalidad, además hay presencia de derrumbes, desprendimiento de rocas, existen pendientes longitudinales altas, la capa de rodadura es de tipo natural y el alto índice de precipitación de la zona hace que este material sea un riesgo para la comunidad. Las características geométricas encontradas fueron las siguientes:

- Velocidad: no existe señalización de límite de velocidad en todo el tramo.
- Ancho de la calzada: 5.5 metros

- Ancho de carril: 2,75 metros

Es importante resaltar que en el corredor en estudio existen a próximamente diecisiete (17) placa huellas, con una longitud promedio de 200 metros y un ancho promedio de 5 metros. Pero también es considerable aclarar que en la vía existe la presencia de vehículos C-3 (volquetas de doble troque), lo que infiere directamente en la resistencia de la estructura del pavimento ocasionando futuros daños de la misma. Tal como lo muestra la Figura 8.

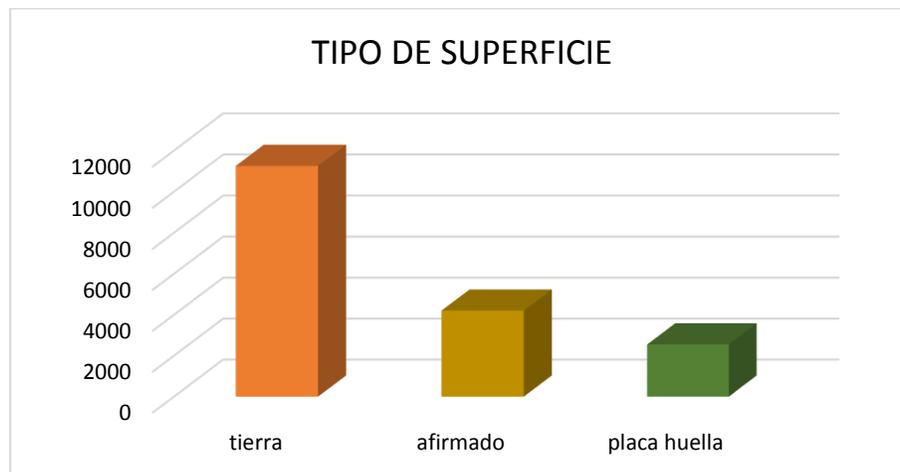


**Figura 8.** *Presencia de placa huella en la zona.*

Para la recopilación de información de las causas más relevantes en el tema de infraestructura se planteó un formato de campo donde se busca obtener información como: coordenadas, tipo de terreno, tipo de superficie, estado de la vía, existencia de puentes y el estado que se encuentra, así mismo, se pudo referenciar los puntos críticos que se consideran a nivel técnico que inciden más en la accidentalidad de la vía.

El inventario vial se presenta y se resume a continuación mediante un análisis general de la infraestructura de vía, donde también se organizó la información de cada ítem obtenido mediante diagnósticos puntuales.

*Superficie de Rodamiento.* Con el fin de determinar el tipo de superficie predominante en el recorrido se procedió a realizar la medición de placa huella y zonas con capa de rodadura en afirmado, apoyándonos con el uso del odómetro y flexómetro, obteniendo los siguientes resultados tal como lo muestra la Figura 9



**Figura 9.** Tipo de terreno.

*Terreno natural.* Como se puede apreciar en la gráfica anterior la capa de rodadura en estado natural es la más predominante en la vía en estudio, con una longitud aproximada de Once Mil Doscientos Cincuenta Metros Lineales (11.400 ml), con un valor del 60%, lo que hace más riesgoso el tramo ya que el estado de esta capa se encuentra en malas condiciones, durante la visita técnica no se pudo apreciar puntos claros de intervención o mantenimientos preventivos, no tiene manejo de escorrentía superficial, por lo que no se identifican obras de ingeniería como son cunetas, sumideros o alcantarillado. Además, como bien se ha explicado es una vía de tercer orden, con poco flujo vehicular, donde el ancho promedio de calzada es de 4,00 metros, generando inconvenientes de tráfico y circulación. También se puede concluir que en condiciones de lluvia la vía no presenta las mejores condiciones para su circulación ya que esta capa de rodadura se vuelve un riesgo alto para la estabilidad del vehículo y el estado del mismo,

tal como se presenta en la Figura 10 donde se evidencia el registro fotográfico de todo el tramo con este tipo de terreno. Es importante también mencionar que durante la longitud anteriormente mencionada no existe ningún tipo de señalización que informe, regule o prevenga el estado de la vía.



*Figura 10. Terreno Natural.*

Capa de Rodadura en Afirmado. Una de las alternativas más viables económicamente en la intervención gubernamentales en vías de tercer orden es la implementación de material granular o afirmado, pero en muchas de las situaciones no suelen recibir un mantenimiento preventivo o adecuado en ellas, por esta razón, el tramo en estudio no es la excepción de la poca intervención ya que en los Cuatro Mil Doscientos Metro Lineales (4.200 ml) que existe este tipo de terreno se encuentra en mal estado, evaluando deterioros como: pérdida de material, baches, deformaciones de ahuellamiento, ondulaciones, cabezas duras, surcos longitudinales entre otros , tal como se muestra en la Figura 11, donde esta evidencia el registro fotográfico de este tipo de pavimento y su deformación.



*Figura 11. Capa de Rodadura en Afirmado.*

**Placa huella.** Este tipo de terreno es muy utilizado, ya que es una técnica que se puede ejecutar aún bajo costo gracias a que el tiempo de construcción es corto, además de que se pueden generar soluciones de acceso en las cuales la misma comunidad puede ayudar a ejecutar la construcción. También es importante resaltar que son implementadas en terrenos donde su pendiente es superior o igual al 10% y como es fácil determinar la mayoría de estas superficies son montañosas dando como resultados pendientes muy altas.

A continuación, para desarrollar este punto y en base a la información recolectada en campo donde se evaluaron 18 tramos con este tipo de pavimento, se realizó un formato de oficina donde describe las coordenadas Norte - Este del inicio y el final de cada una, la longitud, ancho de calzada, el estado y por último el registro fotográfico, tal como lo muestra la tabla 13 donde se detalla cada placa huella con sus características anteriormente mencionadas.

**Tabla 4.***Formato de oficina sobre características de infraestructura de placa huella.*

<b>ANALISIS DE INFRAESTRUCTURA</b>		
<b>PLACA HUELLA</b>	1	
	<b>Registro Fotográfico</b>	
	<b>COORDENADAS INICIALES</b>	
	Norte	1299491145
	Este	1174499422
	<b>COORDENADAS FINALES</b>	
	Norte	1299570856
	Este	1174451311
	<b>CARACTERISTICA</b>	
	Longitud (mts)	100
	Ancho Calzada (mts)	4.50
	<b>ESTADO DEL TRAMO</b>	
	Bueno	1
	Regular	
	Malo	

Basado en la información recopilada se pudo determinar los siguientes resultados mostrados en la Tabla 14. Donde se concluye que existen Dieciocho (18) placa huellas en el tramo vial, la longitud promedio es de Ciento Cuarenta y Dos (142) ml, el ancho promedio de calzada es de cinco (5) ml y la mayor parte se encuentran en buen estado con un valor de trece (13) placa huellas.

**Tabla 5.***Resumen de diagnóstico de placa huellas.*

<b>RESUMEN DE PLACAS HUELLAS</b>					
Cantidad placa huellas	Longitud promedio	Ancho calzada promedio	Estado del tramo		
			bueno	regular	malo
22	125	5.3	14	7	1

**Tabla 6.***Puntos críticos identificados.*

OBSERVACIONES		
FALLA	COORDENADAS	
	N	E
Reductor natural	1.299.722.072	1.174.129.881
Zona Escolar	1.300.380.577	1.173.785.803
Calzada en mal estado	1.302.299.364	1.172.820.093
Intersección	1.304.356.941	1.172.121.919
Hundimiento de calzada	1.304.810.092	1.172.629.198
Zona Escolar	1.305.389.734	1.172.828.190
Falla de borde	1.305.763.302	1.172.721.076
Deslizamiento	1.305.774.618	1.172.697.836
Hundimiento de calzada	1.305.780.098	1.172.684.347
Zona Escolar	1.308.148.318	1.172.870.209

Las vías rurales en esta región pueden presentar varios puntos críticos debido a las características geográficas de la zona y las condiciones climáticas adversas. Algunos de los puntos críticos comunes incluyen:

*Pendientes pronunciadas:* Las vías rurales en Labateca a menudo tienen pendientes empinadas que pueden dificultar el tránsito de vehículos, especialmente durante la temporada de lluvias.

*Curvas cerradas:* Las carreteras rurales pueden tener curvas cerradas que dificultan la visibilidad y el tránsito de vehículos grandes.

*Puentes estrechos:* Las vías rurales pueden tener puentes estrechos que pueden ser peligrosos para el tránsito de vehículos grandes y pesados.

*Desprendimientos de tierra:* Debido a las fuertes lluvias, es común que se produzcan desprendimientos de tierra en las vías rurales, lo que puede dificultar el tránsito y poner en riesgo la seguridad de los conductores.

Es importante que los conductores que transiten por las vías rurales de Labateca, o cualquier otra zona rural, estén alerta a estos puntos críticos y tomen las precauciones necesarias para garantizar su seguridad y la de los demás usuarios de la vía.

El hundimiento de calzada se refiere a una deformación en la superficie de una carretera o calle, que se produce cuando el terreno debajo de la calzada se asienta o se comprime. Esto puede deberse a diversos factores, como la humedad excesiva, la falta de compactación adecuada del suelo durante la construcción, el tráfico vehicular intenso y continuo, entre otros.

El hundimiento de la calzada puede ser un problema grave de seguridad vial, ya que puede generar baches, pozos o depresiones en la superficie de la carretera, lo que puede provocar accidentes de tráfico, daños en los vehículos y molestias para los usuarios de la vía.

Es importante realizar un mantenimiento adecuado de las carreteras y calles para prevenir el hundimiento de la calzada y solucionar este problema cuando se presente. Esto puede implicar la reparación de baches y pozos, la aplicación de técnicas de estabilización del suelo, la construcción de nuevos pavimentos, entre otras medidas.

La falla de borde en una vía rural se refiere a un tipo de deformación o desprendimiento del borde de la carretera o camino que se encuentra en contacto directo con la cuneta o el terreno adyacente. Esta falla puede deberse a diversos factores, como el aumento del tráfico vehicular, la erosión del suelo, el desgaste natural del pavimento, entre otros.

La falla de borde puede ser un problema grave de seguridad vial, ya que puede provocar una disminución en el ancho efectivo de la calzada, dificultando el tráfico y aumentando el riesgo de accidentes de tráfico. Además, puede generar daños en los vehículos que circulan por la vía y aumentar los costos de mantenimiento y reparación de la carretera.

Es importante realizar un mantenimiento adecuado de las vías rurales para prevenir la falla de borde y solucionar este problema cuando se presente. Esto puede implicar la reparación de los bordes de la carretera, la aplicación de técnicas de estabilización del suelo, la construcción de nuevas cunetas o la mejora de las ya existentes, entre otras medidas.

La falla por deslizamiento en una vía rural se refiere a una deformación o desprendimiento del terreno que sustenta la carretera o el camino. Esta falla puede ser causada por diversos factores, como la lluvia intensa, la erosión del suelo, la falta de compactación del terreno, la inestabilidad geológica, entre otros.

Cuando se produce una falla por deslizamiento en una vía rural, puede haber un desplazamiento lateral o vertical del terreno que puede provocar deformaciones en la carretera o el camino, daños en la infraestructura vial, e incluso la obstrucción completa de la vía.

Es importante realizar un monitoreo constante del estado de las vías rurales para prevenir este tipo de fallas y tomar medidas preventivas, como la construcción de obras de estabilización del terreno, la construcción de muros de contención, la aplicación de técnicas de drenaje y compactación del suelo, entre otras.

Cuando se presenta una falla por deslizamiento en una vía rural, es importante tomar medidas de emergencia para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía y reparar los daños en la carretera o el camino afectado lo antes posible.

### **Alternativas de prevención de accidentalidad en el corredor vial.**

Durante el análisis de factores que generan accidentalidad en el corredor vial La Unión - balsa Municipio de Labateca Departamento de Norte de Santander, se pudo evidenciar que los aspectos más destacados son el factor humano y la infraestructura de la vía.

Existen varias estrategias que se pueden implementar para prevenir la accidentalidad en los puntos críticos en las zonas rurales. Algunas de estas estrategias son:

*Señalización adecuada:* La instalación de señales de tránsito adecuadas en los puntos críticos es fundamental para alertar a los conductores sobre los peligros potenciales. Esto puede incluir señales de advertencia de curvas cerradas, señales de reducción de velocidad, señales de pendientes pronunciadas, entre otras.

*Mantenimiento adecuado de las vías:* El mantenimiento regular de las vías rurales es importante para prevenir la accidentalidad en los puntos críticos. Esto puede incluir la reparación de baches, la eliminación de obstáculos en la vía y la limpieza de desprendimientos de tierra.

*Capacitación y educación de los conductores:* Los conductores que transiten por las zonas rurales deben estar debidamente capacitados para manejar en estas condiciones, y estar al tanto de los peligros potenciales en los puntos críticos. La educación sobre seguridad vial puede ayudar a crear conciencia entre los conductores sobre los riesgos potenciales y cómo manejarlos.

*Implementación de restricciones de velocidad:* Establecer límites de velocidad en los puntos críticos puede ayudar a reducir el riesgo de accidentes. Los conductores deben ser conscientes de estos límites de velocidad y respetarlos en todo momento.

*Monitoreo constante:* Es importante monitorear constantemente los puntos críticos en las zonas rurales para identificar y abordar cualquier problema potencial. Esto puede incluir la instalación de cámaras de vigilancia y la realización de inspecciones regulares de la vía.

En general, la prevención de la accidentalidad en los puntos críticos en las zonas rurales requiere una combinación de estrategias. La implementación de estas estrategias puede ayudar a garantizar la seguridad de los conductores y otros usuarios de la vía en estas áreas.

La reglamentación del peso de los vehículos de carga en las zonas rurales de Colombia es importante para garantizar la seguridad de las vías y prevenir daños en la infraestructura vial. Para ello, se pueden implementar las siguientes medidas:

*Establecer límites de peso:* El establecimiento de límites de peso para los vehículos de carga es fundamental para prevenir daños en las vías. Estos límites pueden variar según el tipo de vehículo y el tipo de vía, y deben ser estrictamente aplicados y controlados por las autoridades.

*Implementar controles de peso:* La instalación de básculas y otros dispositivos de control de peso en las zonas rurales puede ayudar a garantizar que los vehículos de carga cumplan con los límites establecidos. Las autoridades deben realizar controles regulares para asegurarse de que los conductores cumplan con los límites de peso.

*Sanciones por incumplimiento:* Las sanciones por incumplimiento de los límites de peso deben ser lo suficientemente fuertes para disuadir a los conductores de exceder los límites

establecidos. Las multas deben ser proporcionales al grado de incumplimiento y la gravedad de las consecuencias que pudieran causar.

*Educación y concientización:* Es importante educar a los conductores sobre la importancia de respetar los límites de peso establecidos en las zonas rurales. Los conductores deben estar conscientes de los riesgos que conllevan el exceso de peso y cómo puede afectar la seguridad de las vías.

*Mejorar la infraestructura vial:* La mejora de la infraestructura vial en las zonas rurales puede contribuir a reducir el impacto del tránsito de vehículos de carga en las vías. La construcción de puentes más resistentes, por ejemplo, puede ayudar a prevenir daños causados por el exceso de peso.

En resumen, para reglamentar el peso de los vehículos de carga en las zonas rurales de Colombia, es importante establecer límites de peso, implementar controles de peso, aplicar sanciones por incumplimiento, educar y concientizar a los conductores, y mejorar la infraestructura vial. La aplicación rigurosa de estas medidas puede contribuir a mejorar la seguridad de las vías y prevenir daños a la infraestructura.

Como se ha mencionado anteriormente en el documento este tramo existe presencia de minas de carbón, donde es extraído y conducido por medio de vehículos tipo C-2G Y C3 (Volquetas de doble troque), causando en el estado de la estructura daños, por esta razón se recomienda que por medio de los entes competentes municipales, gubernamentales y nacionales hagan presencia en el sitio, buscando la socialización de taller de concientización de la vía , ya que para muchos campesinos de la zona es su medio de comunicación para llevar los productos a localidades principales como Toledo, Pamplona , Chinácota y hasta Cúcuta. Así mismo se debe implementar

la señalización adecuada en tramos que garanticen la información, la prevención y la regulación de este tipo de vehículos. Dando un aporte a la seguridad y movilidad segura.

La señalización en las vías rurales del departamento de Norte de Santander es muy importante porque permite a los conductores circular con mayor seguridad y reduce el riesgo de accidentes de tránsito. Algunas de las razones por las que la señalización es importante en las vías rurales son:

*Alerta sobre peligros en la vía:* Las señales de tránsito en las vías rurales pueden alertar a los conductores sobre peligros en la vía, como curvas peligrosas, pendientes pronunciadas, zonas de obras, entre otros. Esto les permite ajustar su velocidad y comportamiento de conducción para evitar accidentes.

*Indica la dirección correcta:* Las señales de tránsito en las vías rurales también son importantes para indicar la dirección correcta a los conductores. Esto es especialmente útil en áreas donde las vías son estrechas y pueden ser difíciles de navegar sin la orientación adecuada.

*Previene accidentes:* La señalización en las vías rurales puede ayudar a prevenir accidentes al asegurarse de que los conductores estén al tanto de los peligros potenciales. Esto reduce el riesgo de choques y otros accidentes de tránsito que pueden causar daños a la propiedad o lesiones.

*Mejora la visibilidad:* Las señales de tránsito en las vías rurales también mejoran la visibilidad de la vía para los conductores, especialmente en condiciones climáticas adversas. Esto es importante porque los conductores pueden ver mejor los peligros potenciales y ajustar su velocidad y comportamiento de conducción en consecuencia.

*Cumplimiento de la ley:* La señalización en las vías rurales también ayuda a garantizar el cumplimiento de las leyes de tránsito. Esto es importante porque los conductores que no respetan las señales de tránsito pueden poner en riesgo su seguridad y la de otros usuarios de la vía.

En conclusión, la señalización en las vías rurales del departamento de Norte de Santander es muy importante porque mejora la seguridad vial, reduce el riesgo de accidentes, indica la dirección correcta, mejora la visibilidad y garantiza el cumplimiento de las leyes de tránsito. Por esta razón, es fundamental mantener las señales de tránsito en buen estado y actualizarlas regularmente para garantizar que sean efectivas y estén al día con las necesidades de los conductores y usuarios de la vía.

## Conclusiones

Para mejorar los puntos críticos en la zona rural del departamento de Norte de Santander, específicamente en la zona de estudio es necesario tomar en cuenta varios aspectos. A continuación, se presentan algunas conclusiones para abordar esta problemática:

Identificados los puntos críticos, Se debe realizar un análisis detallado de las vías rurales del departamento para identificar los puntos críticos, es decir, aquellos tramos de la vía que presentan mayor riesgo para los usuarios, como curvas peligrosas, zonas de hundimientos, fallas por deslizamiento, entre otros.

Diseño de soluciones específicas, Una vez identificados los puntos críticos, es necesario diseñar soluciones específicas para cada uno de ellos, tomando en cuenta las características del terreno, el tráfico vehicular, y las necesidades de los usuarios.

Implementación de medidas preventivas, Además de diseñar soluciones específicas para cada punto crítico, es importante implementar medidas preventivas para evitar que se presenten nuevos puntos críticos. Por ejemplo, se pueden realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo en las vías rurales, aplicar técnicas de estabilización del suelo, mejorar la señalización y la iluminación de las carreteras, entre otras.

Participación de la comunidad, La participación de la comunidad es fundamental para lograr un mejoramiento efectivo de los puntos críticos en la zona rural del departamento. Es necesario involucrar a los usuarios de las vías, como los transportistas y los habitantes de las zonas rurales, en el diseño y la implementación de soluciones, y en la vigilancia y el mantenimiento de las vías.

Debido a la alta pluviometría en los municipios de Toledo y Labateca, era muy importante tener en cuenta las condiciones ambientales de la zona, especialmente del tramo estudiado. Esto se debe a que las lluvias diarias afectan la estabilidad de los taludes y, como se mencionó anteriormente, incluso a nivel de la superficie, los usuarios de la vía no son conscientes de que estos factores (lluvia, perturbaciones geológicas, etc.) representan el 73% del riesgo de accidentes.

Una de las razones más relevantes de la seguridad vial en las vías primarias, secundarias y terciarias es el factor humano. Esto se debe a que es muy complejo y difícil sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de apegarse a los lineamientos establecidos en el Código de Tránsito colombiano. De los resultados anteriores, seleccionamos el 56 % por imprudencia, el 25 % por exceso de velocidad y el 19 % por el consumo de licor.

## **Recomendaciones**

Mejorar la señalización; Es importante que los puntos críticos estén bien señalizados para que los conductores puedan anticipar los peligros que se encuentran en la carretera. Se pueden colocar señales de advertencia, indicadores de velocidad y señales de tráfico para ayudar a los conductores a tomar las precauciones necesarias.

Añadir barreras de seguridad; En algunos puntos críticos, como las curvas peligrosas, se pueden añadir barreras de seguridad para proteger a los conductores en caso de accidente. Las barreras de seguridad deben ser adecuadas para la velocidad de la carretera y la frecuencia del tráfico.

Mejorar el pavimento; En algunos casos, el pavimento puede ser el problema en los puntos críticos. Si la carretera es demasiado irregular o hay baches, se puede considerar mejorar el pavimento para que la superficie sea más uniforme y segura para los conductores.

Realizar mantenimiento regular; Es importante realizar un mantenimiento regular en las vías rurales para evitar que los puntos críticos empeoren con el tiempo. Se deben reparar los baches y otros problemas de pavimento de forma rápida y eficiente para evitar accidentes.

Reducir la velocidad máxima permitida; Si los puntos críticos son especialmente peligrosos, se puede reducir la velocidad máxima permitida en la zona para que los conductores tengan más tiempo para reaccionar a los peligros de la carretera.

Controlar el cumplimiento de las normas de tránsito; Las autoridades locales deben trabajar para garantizar que los conductores de motos cumplan con las normas de tránsito, como el uso

del casco y la licencia de conducir. Además, deben implementarse medidas para controlar el exceso de velocidad y otras conductas imprudentes.

Realizar campañas de educación vial; Es importante educar a los conductores de motos sobre la importancia de cumplir las normas de tránsito y las medidas de seguridad vial. Las autoridades locales pueden trabajar con organizaciones comunitarias y escuelas locales para realizar campañas de concienciación sobre el tema.

Se recomienda un mayor seguimiento al tráfico que circula por el corredor y que proviene de la zona minera, ya que al transitar vehículos con sobre carga o de dimensiones superiores a C2G, afectan la infraestructura del tramo, generando daños en placas huellas y en sectores donde la capa de afirmado es muy pequeña.

## Referencias Bibliográficas

- Abdel-Aty, M., Pande, A., Jovanis, P., & Lee, C. (2015). "Spatial Analysis Approaches for Identifying High Crash Risk Road Locations". *Accident Analysis & Prevention*, 75, 159-170.
- Álvarez, A., & González, E. (2008). "Identificación y análisis de puntos críticos de accidentes de tráfico mediante técnicas de minería de datos". *Revista de Obras Públicas*, 155(3476), 41-52.
- Arévalo, J., & Bernal, D. (2022). "Análisis de puntos críticos de accidentalidad en una vía rural utilizando técnicas de minería de datos". *Revista Espacios*, 43(8), 22-34.
- Bao, S., Yan, X., Ma, W., & Liu, P. (2019). "A Bayesian Network Approach to Investigate Crash Contributing Factors in Urban Road Networks". *Accident Analysis & Prevention*, 123, 202-211.
- Cepeda, J., & Rodríguez, L. (2013). "Diagnóstico de puntos críticos de accidentalidad en tramos urbanos de vías arteriales". *Ingeniería e Investigación*, 33(1), 37-45.
- Chen, G., Wang, C., Ma, W., & Ye, Z. (2019). "Analysis of Pedestrian Crashes on Urban Arterials Using Bayesian Networks". *Accident Analysis & Prevention*, 125, 199-208.
- Deb, K. S., Sarker, D., Das, S., & Mohan, D. (2019). "Investigating the Contributory Factors of Road Traffic Crashes Using Multivariate Poisson Regression Model". *Journal of Transportation Safety & Security*, 11(3), 219-235.

- El-Basyouny, K., Sayed, T., & Lord, D. (2011). "Systematic Approach for Identifying Hazardous Locations on Road Networks". *Transportation Research Record*, 2265(1), 35-43.
- Elvik, R. (2009). "The Handbook of Road Safety Measures". Elsevier.
- Estrada, J., Bocarejo, J., & Oviedo, D. (2015). "Metodología para el diagnóstico y evaluación de puntos críticos en la accidentalidad de ciclistas en Bogotá". *Revista de Ingeniería*, 41, 7-14.
- Gabauer, D., Sayed, T., & Ahmed, M. (2011). "Identifying Accident-Prone Locations on Urban Road Networks Using Random-Effect Models". *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2286-2294.
- García, G., Martín, C., & Sánchez, M. (2014). "Evaluación de la accidentalidad y análisis de puntos críticos en carreteras convencionales". *Dyna*, 81(188), 60-67.
- García, R., & Pérez, J. (2009). "Metodología para la identificación de puntos críticos en la accidentalidad de una red de carreteras". *Revista de Ingeniería y Desarrollo Sustentable*, 3(2), 9-18.
- Gómez, M., & Delgado, M. (2010). "Metodología para la identificación de puntos negros de accidentes de tránsito en vías urbanas". *Revista Tecnura*, 14(26), 85-96.
- Guzmán, A., & González, A. (2019). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad en carreteras de montaña utilizando técnicas de análisis multicriterio". *Revista Politécnica*, 39(2), 29-39.
- Haddad, H., & Saldarriaga, O. (2012). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad en una vía con enfoque en motocicletas". *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 28(46), 125-140.

- Huang, Y., Abdel-Aty, M., & Wang, X. (2015). "A Comprehensive Investigation of Freeway Safety Impact Factors: A Heterogeneous Unobserved Site Analysis". *Accident Analysis & Prevention*, 82, 94-104.
- Hughes, B., & Ferreira, L. (2010). "Road Traffic Safety: The Role of Predictive Models". Springer.
- Karlaftis, M., & Yannis, G. (2018). "Investigation of the Relationship Between Accident Types and Accident Causes". *Safety Science*, 106, 9-15.
- Lin, P. S., Wu, C. M., & Kan, C. D. (2014). "Identifying High-Risk Locations for Road Traffic Accidents in Taiwan". *Accident Analysis & Prevention*, 62, 57-71.
- Lord, D., & Mannering, F. (2010). "The Statistical Analysis of Crash-Frequency Data: A Review and Assessment of Methodological Alternatives". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 291-305.
- Medina, L., & Gaitán, C. (2018). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad en el área metropolitana de Bucaramanga". *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 137-148.
- Navarro, J., & Aguirre, J. (2020). "Metodología para la identificación de puntos críticos de accidentalidad en la red vial urbana". *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 275-289.
- Nguyen, T., & Lord, D. (2018). "Exploring Multivariate Crash Severity Analysis for Crash Types". *Accident Analysis & Prevention*, 117, 104-111.
- Núñez, M., & Sánchez, A. (2021). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad utilizando análisis geoespacial". *Revista de Investigación e Innovación en Ingeniería*, 9(2), 79-93.

- Ocampo, H., & Flórez, C. (2020). "Análisis de puntos críticos de accidentalidad en vías urbanas de ciudades intermedias en Colombia". *Ingeniería y Competitividad*, 22(2), 105-116.
- Ossen, D. R., & Yusoff, N. (2019). "Modelling Traffic Accidents at Signalized Intersections: The Effect of Sight Distance and Road Geometry". *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6(1), 84-98.
- Pineda, Y., & Castillo, R. (2021). "Metodología para la identificación de puntos críticos de accidentalidad en carreteras secundarias". *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 21(1), 1-22.
- Poch, M., Lamm, R., & Nitzlnader, M. (2013). "Assessing Traffic Safety on the Road Network". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 80, 33-43.
- Rizzi, L. I., & Sayed, T. (2017). "Comparative Evaluation of Segment-Based and Site-Based Models for Road Safety Analysis". *Accident Analysis & Prevention*, 99, 273-285.
- Rojas, J., & Huertas, M. (2017). "Metodología para la identificación de puntos críticos de accidentalidad en el transporte terrestre". *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(2), 609-621.
- Rueda, J., & Ramírez, S. (2022). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad en carreteras mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático". *Revista INVI*, 37(107), 11-27.
- Sacchi, E., Crispino, A., & Calvi, A. (2016). "Identification of Critical Road Sections: A Multicriteria Approach". *Transportation Research Record*, 2589(1), 15-25.

- Sanabria, L., Gutiérrez, A., & Rodríguez, M. (2011). "Análisis de puntos críticos de accidentalidad mediante sistemas de información geográfica". *Revista de Ingeniería y Desarrollo Sustentable*, 1(1), 47-54.
- Silva, A. T., Santos, G., & Neves, J. (2014). "Road Safety Diagnosis in Portugal: The Identification of Road Safety Problems". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 747-756.
- Suárez, A., & Herrera, R. (2016). "Identificación de puntos críticos de accidentalidad en la red vial de la ciudad de Cartagena". *Revista Ciencias de la Salud*, 14(2), 191-201.
- Taheri, M., & Hayati, E. (2020). "Identification of Accident-Prone Road Segments Using Spatio-Temporal Analysis". *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 69, 93-107.
- Vargas, R., & Quintero, M. (2022). "Modelo para la identificación de puntos críticos de accidentalidad en vías rurales utilizando sistemas de información geográfica". *Revista de Ingeniería*, 36(1), 77-88.
- Vega, R., & Delgado, M. (2021). "Diagnóstico de puntos críticos de accidentalidad en vías interurbanas". *Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial*, 13(25), 32-42.
- Zhang, Y., Lord, D., & Wang, Y. (2012). "Modeling Crash Severity on Rural and Urban Roadways Using Random-Parameters Negative Binomial Models". *Accident Analysis & Prevention*, 45, 187-196.



