

Propuesta Metodológica Para El Diagnóstico De Vías Terciarias de Montaña: Caso de
Estudio Macaravita.

Erika Viviana Carreño Gutiérrez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniera Civil

Director

Ing. Sergio Manuel Pineda Vargas PhD.

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería civil

Bucaramanga

2026

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios, por permitirme llegar hasta aquí, a mis padres que son los que me han apoyado con todo y creído en mí incluso cuando yo no creía en mí. Agradezco a la universidad por la oportunidad de estudiar allí y por las herramientas que me dio tanto para estudiar como para el futuro. Finalmente, me agradezco a mí misma, por no rendirme, por no dejarme morir y haber llegado tan lejos a pesar de todas las adversidades.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos	12
2. CUERPO DEL TRABAJO	13
2.1 Marco Teórico	13
2.1.1 Red Vial Terciaria	13
2.1.2 Criterios de Funcionalidad de Las Vías Terciarias	13
2.1.3 Diagnóstico Vial y Criterios de Análisis	15
2.1.4 Zona de Estudio	19
2.2 Metodología	21
2.2.1 Búsqueda Bibliográfica	21
2.2.2 Definición de Metodología	22
2.2.3 Zona de estudio	26
2.2.4 Visita de Campo	26
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	28
3.1 Informe Diagnóstico Macaravita	28
3.1.1 Estado de la calzada	29
3.1.2 Señalización Vertical	30
3.1.3 Sistema de drenaje	31

PROPUESTA METODOLÓGICA VIAS Terciarias, Macaravita	4
3.1.4 Taludes y estabilidad	32
3.1.5 Priorización USAID	33
3.1.6 Uso de la Aplicación BORIGA	33
3.2 Evaluación de la Propuesta Metodológica	33
4. Conclusiones	36
5. Recomendaciones	38
Referencias Bibliográficas	40
Apéndices	42

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Porcentajes de calificación por elemento	19
Tabla 2. Calificación para la clasificación de las vías	22

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Ubicación del municipio de estudio</i>	20
Figura 2. <i>Imagen de la propuesta de aplicación</i>	25
Figura 3. <i>Imagen de la zona de estudio</i>	26
Figura 4. <i>Estado general de la calzada, Macaravita</i>	29
Figura 5. <i>Estado general de la señalización, Macaravita</i>	30
Figura 6. <i>Estado general del sistema de drenaje, Macaravita</i>	31
Figura 7. <i>Estado general de los taludes, Macaravita</i>	32

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Especificaciones Técnicas y Criterios de Evaluación.	42
Apéndice B. Metodología Detallada de la Herramienta de Cálculo	50
Apéndice C. Documento Propuesta Metodológica Para el Diagnóstico de Vías Terciarias de Montaña	56
Apéndice D. Diagnóstico Vial Para la Vía Principal del Municipio de Macaravita	56
Apéndice E. Aplicación BORIGA Para Recolección de Información de Vías Terciarias	56

Resumen

Título: Propuesta Metodológica Para El Diagnóstico De Las Vías Terciarias: Caso de Estudio Macaravita*.

Autor: Erika Viviana Carreño Gutiérrez**

Palabras Clave: Vías terciarias, diagnóstico vial, Macaravita

Descripción

El presente trabajo de grado desarrolla una propuesta metodológica para el diagnóstico técnico de vías terciarias, aplicada al corredor vial de 9.7 kilómetros que comunica el sector de Tienda Nueva con la cabecera municipal de Macaravita, Santander. El objetivo de este documento fue optimizar la recolección y el análisis de los datos de campo, uniendo los diferentes formatos de recolección del INVIAS en un solo documento integral del que se pueda obtener el diagnóstico completo de una vía terciaria de montaña. Esta base de datos automatizada en Excel incluye además el modelo de priorización USAID. Como elemento adicional y como prototipo se incluyó el modelo de esta base de datos en Excel en formato de aplicación móvil creada en Appsheet.

Durante el diagnóstico, se documentaron detalladamente 18 alcantarillas, 3 puentes y diversos puntos críticos, evaluando las variables de: estado de la calzada, sistemas de drenaje, estabilidad de taludes y señalización vial. Los hallazgos revelan un deterioro derivado principalmente de la insuficiencia de obras de arte y la falta de mantenimiento rutinario, factores que afectan socioeconómicamente a la zona. Como resultado, se entrega una herramienta tecnológica funcional que permite a las administraciones locales obtener reportes técnicos inmediatos. En conclusión, la implementación de esta metodología no solo reduce los tiempos de inspección, sino que proporciona un soporte técnico sólido que contiene información de todos los elementos de la vía en un solo lugar facilitando con ello la toma de decisiones estratégicas y permitiendo una inversión más eficiente de los recursos públicos destinados a la infraestructura rural.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Sergio Manuel Pineda Vargas. PhD.

Abstract

Title: Methodological Proposal for the Diagnosis of Tertiary Roads: Macaravita Case Study¹

Author: Erika Viviana Carreño Gutierrez²

Key Words: Tertiary Roads, Road Diagnosis, Macaravita

Description

This undergraduate thesis develops a methodological proposal for the technical diagnosis of tertiary roads, applied to the 9.7-kilometer road corridor connecting the Tienda Nueva sector with the municipal seat of Macaravita, Santander. The objective of this study was to optimize the collection and analysis of field data by unifying various INVIAS (National Institute of Roads) data collection formats into a single comprehensive document, enabling a complete diagnosis of a mountainous tertiary road. This automated Excel database also incorporates the USAID prioritization model. As an additional feature and prototype, the model of this database was integrated into a mobile application developed using AppSheet.

Throughout the diagnostic process, 18 culverts, 3 bridges, and several critical points were documented in detail, assessing variables such as: road surface condition, drainage systems, slope stability, and road signage. The findings reveal deterioration primarily stemming from insufficient hydraulic structures and a lack of routine maintenance—factors that socioeconomically impact the region. Consequently, a functional technological tool is provided, enabling local administrations to generate immediate technical reports. In conclusion, the implementation of this methodology not only reduces inspection times but also provides robust technical support by consolidating information on all road elements in a single platform, thus facilitating strategic decision-making and ensuring a more efficient investment of public resources in rural infrastructure.

¹ Degree Work

² Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Sergio Manuel Pineda Vargas. PhD.

Introducción

Las vías terciarias representan gran parte del sistema de comunicación del país, ya que permite acceder a las comunidades locales, donde se produce gran parte de la producción económica del país. Sin embargo, gran parte de su infraestructura presenta condiciones deficientes por la limitada inversión, complejidad topográfica de las zonas montañosas y ausencia de herramientas técnicas estandarizadas que faciliten su evaluación y mantenimiento.

Actualmente, existen metodologías desarrolladas por el INVIAS y otras entidades para evaluar elementos específicos de las carreteras; calzada, obras de drenaje, señalización y taludes. Sin embargo, esta información se encuentra dispersa en múltiples documentos técnicos, lo que dificulta la realización de diagnósticos completos y el procesamiento de la información recolectada en campo, tratando a la vía como muchos elementos separados cuando no es así.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo propone una metodología para el diagnóstico de vías terciarias de montaña, integrando en un único documento los criterios técnicos de evaluación para calzada, señalización, obras de drenaje, estabilidad de taludes y priorización. La propuesta se desarrolla mediante una herramienta automatizada en Excel, complementada con un prototipo de aplicación móvil en AppSheet, con el propósito de optimizar la recolección, procesamiento y análisis de información vial.

La investigación toma como caso de estudio el corredor vial entre el sector Tienda Nueva y la cabecera municipal de Macaravita, Santander, con una longitud aproximada de 9,7 kilómetros, donde las características geométricas de la vía, la insuficiencia de obras de drenaje,

la falta de señalización y el deterioro progresivo de la calzada dificultan la movilidad y aumentan las condiciones de riesgo para los usuarios. A partir de visitas de campo y la implementación de la metodología desarrollada, se evaluó el estado funcional de la vía, identificando puntos críticos, deficiencias de drenaje y condiciones de riesgo que afectan el flujo del tránsito y seguridad del corredor.

Finalmente, este trabajo busca aportar una herramienta técnica de apoyo para la gestión vial rural tanto en formato de Excel como en prototipo de aplicación, facilitando la toma de decisiones sobre mantenimiento e intervención de vías terciarias, especialmente en municipios con limitaciones presupuestales y técnicas.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Proponer una metodología para el diagnóstico del estado de vías terciarias de montaña, caracterizando físicamente las vías y su entorno, tomando como caso de estudio el municipio de Macaravita.

1.2 Objetivos Específicos

Analizar las metodologías y normativas vigentes referentes a la evaluación de vías terciarias de montaña, para sintetizar los parámetros clave de diagnóstico de la calzada, señalización y obras de drenaje.

Diseñar una propuesta metodológica de diagnóstico, mediante un instrumento de recolección de datos que integre los parámetros analizados y facilite la clasificación del estado de las vías terciarias de montaña.

Implementar la propuesta metodológica en el caso de estudio de la vía de acceso a Macaravita probando su funcionalidad e identificando puntos de mejora.

Evaluar los puntos críticos identificados en la implementación, estableciendo conclusiones y recomendaciones para la estandarización de la propuesta metodológica en vías terciarias de montaña.

2. Cuerpo del trabajo

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Red Vial Terciaria

Las vías terciarias o carreteras de bajo volumen de tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) comprenden el sistema de carreteras que comunican a los pueblos con sus zonas rurales, veredas entre sí, y/o recibir diariamente un TPD menor a 200 vehículos. Las carreteras terciarias deben estar construidas al menos en afirmado, material que aumenta la vulnerabilidad al daño. En caso de pavimentar una vía terciaria, el diseño debe cumplir las condiciones geométricas de una vía secundaria (INVIAS, 2016a).

Específicamente en Colombia es importante conocer el tipo de terreno, parte de la zona productiva del país se encuentra ubicada en terreno montañoso donde la pendiente transversal está entre 13° y 40° y su construcción conlleva grandes movimientos de tierra y problemas de trazado (INVIAS, 2016a), además que en su fase de uso hay problemas asociados al agua principalmente en las temporadas lluviosas (INVIAS & Universidad Nacional de Colombia, 2006a).

Las vías terciarias incluyen, según el ministerio de transporte, cerca de 142000 km de carrera, sin embargo, el valor podría llegar a ser el doble debido a lo incompleto del inventario vial. De esta cantidad de vía, el 90% se encuentra en regular o mal estado a la espera de la intervención del estado (Rubiños Simón, 2024).

2.1.2 Criterios de Funcionalidad de Las Vías Terciarias

2.1.2.1 Estado general de la Calzada. El INVÍAS indica que el ancho de la calzada para vías terciarias es 6 metros y un porcentaje de bombeo del 3%, el drenaje superficial es el primer

elemento crítico del drenaje, puesto que se espera evacúe rápida y eficientemente las aguas superficiales a las cunetas o a los sistemas de alcantarillado, también no existe berma, sino que es una sola berma cuneta (INVIAS, 2008) . Aparte de las condiciones geométricas de la vía, es indispensable mantener el afirmado en condiciones cómodas de circulación, de hecho, se espera la realización de un perfilado ligero al menos cada 80 días para mantener las condiciones óptimas de uso (INVIAS, 2016b).

Como solución extra, se plantea el uso de las placas huellas como elemento de seguridad en zonas donde la pendiente es muy elevada para la circulación del tráfico, este tipo de construcción no requiere grandes cambios en la geometría del terreno y sus costos de construcción y mantenimiento son reducidos en comparación con las técnicas de pavimentos regulares (Ministerio de Transporte, 2015).

2.1.2.2 Señalización. Para el caso de las vías terciarias en afirmado no se incluye señalización horizontal debido a que no es posible trazarla sobre la carretera, razón por la cual se hace indispensable mantener una señalización vertical clara, que sea visible con la distancia suficiente para tomar acción en cada situación (INVIAS, 2015).

2.1.2.3 Drenaje. El agua es, sin duda, un elemento crítico en cualquier vía. No solo afecta el tránsito al dañar la capa de afirmado, sino que puede producir daños en los taludes generando, en época de lluvia principalmente, puntos críticos que afectan el tránsito. Las obras de drenaje incluyen cunetas, alcantarillas, pontones y canales conductores en los taludes. Se espera que el drenaje esté despejado, la interrupción del flujo de agua puede llevar a estancamientos y daño permanente en estructuras (INVIAS, 2006).

2.1.2.4 Taludes. En la construcción de carreteras, principalmente en las de montaña se hace indispensable estabilizar los taludes adyacentes a la vía, esto debido a que en las zonas montañosas de lugares tropicales se juntan factores de la topografía del terreno, la probabilidad de sismicidad, la cual afecta bastante a Colombia, la meteorización de terreno y finalmente la lluvia (Suárez Días, 1998), estos factores afectan tanto el terraplén como el corte de la vía. Por este motivo es necesario considerar la constante evaluación y estabilización de los taludes para prevenir y evitar situaciones de peligro para el conductor.

2.1.2.5 Priorización de la vía. Como último punto de funcionalidad de una vía, se debe tomar en cuenta el nivel de priorización de esta, como se indica en la guía de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID, se toma en cuenta la influencia socioeconómica de la vía en la población para facilitar la toma de decisiones sobre la asignación de recursos (USAID, 2016).

2.1.3 Diagnóstico Vial y Criterios de Análisis

2.1.3.1 Proceso de Diagnóstico Vial. El diagnóstico vial es la fase inicial en el proceso de gestión vial, cuyo objetivo es evaluar la condición actual de una vía y determinar las intervenciones de mantenimiento o rehabilitación necesarias.

El diagnóstico vial sigue el siguiente procedimiento:

- **Recolección de Información:** Se inicia por información documentada, ya que con ello se puede saber de antemano el comportamiento de la vía con datos sobre su topografía, clima, registro de accidentalidad y otros. Seguido de visitas a campo en las que, haciendo uso de los formatos facilitados por entidades como el INVIAS, se recoge toda la información en la vía.

- **Análisis de Datos:** donde el estado de la vía se define con base en la severidad y extensión de los daños. De este procesamiento se obtiene una calificación global de la vía que suele expresarse en Bueno, Regular o Malo (Ministerio del transporte, 2017).
- **Informe:** Con base a la calificación obtenida de la vía se toman decisiones, definiendo si es un proceso de mantenimiento rutinario o periódico, para tramos buenos y regulares, o si es una situación de emergencia que requiere ser corregida a la brevedad, para tramos malos.

2.1.3.2 Criterios de Análisis y Definición de Severidad. El INVIAS tiene diferentes manuales que abordan cada punto en una vía terciaria. Las normas colombianas para cada elemento son las siguientes:

2.1.3.2.1 Criterios de Evaluación del afirmado: Método VIZIRET.

Para la evaluación de la calzada, se adoptó el método VIZIRET (INVIAS, 2016b), el cual muestra los daños predominantes en vías sin pavimentar. La metodología integra elementos de deterioro como baches, ondulaciones, ahuellamientos y surcos, tanto longitudinales como transversales, evaluando su severidad desde una escala de impacto funcional. La matriz detallada de niveles de severidad y las descripciones técnicas de cada daño, adaptadas de los manuales de mantenimiento del INVIAS se consolidan en el Apéndice A, tabla A1.

2.1.3.2.2 Criterios para Señalización vial.

Dado que las vías terciarias no incluyen señalización horizontal se estudió solo la información para señalización vertical y se han adoptado los requisitos técnicos establecidos por el manual de señalización de carreteras (INVIAS, 2015) , los cuales contemplan tanto

condiciones geométricas de ubicación lateral y altura libre como criterios de funcionalidad de visibilidad, legibilidad y el estado de integridad física del soporte y la placa. La información se sintetiza en el Apéndice A, tabla A2.

2.1.3.2.3 Criterios para Cunetas y Bordillos.

La información sobre este elemento se encuentra en el manual de inspección de obras de drenaje (INVIAS, 2006), donde se habla de los daños presentes en cunetas revestidas en concreto, involucrando la geometría y los daños presentes tales como escalonamiento, grietas, desgaste, etc. La información se encuentra registrada completa en el Apéndice A, tabla A3.

2.1.3.2.4 Criterios para Alcantarillas.

El sistema de alcantarillado se evalúa bajo tres dimensiones: funcionalidad hidráulica, integridad estructural y estabilidad del suelo. Se prioriza los daños de tipo estructural que pueden hacer que la estructura colapse (INVIAS, 2006). La relación de estos daños, organizados por su relevancia se describen en el Apéndice A, tabla A4.

2.1.3.2.5 Criterios para Puentes y Pontones

Dada la relevancia de este elemento para transitar sobre fuentes hidráulicas se prioriza las afectaciones de tipo estructural, primer en columnas y vigas y luego en losas, tomando finalmente en cuenta la comodidad de uso (INVIAS & Universidad Nacional de Colombia, 2006b). Los daños explicados se encuentran descritos en el Apéndice A, tabla A5.

2.1.3.2.6 Criterios de Estabilidad de Taludes

Para tomar en cuenta la importancia de los daños en los taludes adyacentes a la vía se revisó el manual de estabilidad de taludes (INVIAS & Universidad Nacional de Colombia,

2006a) donde se explicaron daños de grietas, hundimientos, abultamientos, detritos, entre otros. La información completa se encuentra adjunta en el Apéndice A, tabla A6.

2.1.3.2.7 Criterios de Priorización

Como último elemento se incluyó la priorización vial para estudiar elementos relevantes para los habitantes del sector, donde se convierte a la vía en elemento propiciador de paz y estabilidad a las comunidades (USAID, 2016), la información se sintetiza en el Apéndice A, tabla A7.

Como se observa, cada elemento describe distintos puntos por separado, sin embargo, la vía es una unidad y de ese modo debería trabajar, todos los elementos existen bajo un mismo propósito, la conectividad y la seguridad de los usuarios, pero es difícil trabajar sobre la vía si la información está separada y dividida. Por ejemplo, se evalúa un bache en la calzada sin considerar que su causa es una falla en el drenaje longitudinal o un movimiento en un talud adyacente.

2.1.3.3 Puntos críticos y Zonas de Riesgo. En cada uno de los elementos de la vía se pueden generar puntos considerados como críticos, donde el daño inminente es tan grave que puede detener el tráfico en su totalidad. Se consideran como puntos críticos sitios donde se presentan daños como: Hundimiento de la subrasante o pérdida de banca, Detritos en la vía, Abultamientos en la pata del talud, Deformación de estructuras adyacentes, Erosión, Derrumbes, Deslizamientos y Grietas en la calzada (Ministerio de Transportes, 2025).

2.1.3.4 Ponderación de Elementos y Porcentaje de Importancia. Como parte final del estudio vial, y según la Metodología del INVIAS para describir y calificar vías (Ministerio de

Transporte & INVIAS, 2022), se definen los porcentajes de cada elemento para la calificación global de la vía

Tabla 1.

Porcentajes de calificación por elemento

Elemento Vial	Factor	%
Superficie de Rodadura	Calzada	72
	Berma	8
Obras de Drenaje	Cunetas	3,375
	Alcantarillas	3
	Puentes y pontones	1,125
Zonas Aledañas	Taludes	5
Señalización	Señalización	7,5

Nota. Cabe aclarar que esto en vías pavimentadas por lo que al usarlo en vías terciarias hay que tener en cuenta las correcciones del caso.

2.1.4 Zona de Estudio

Para la aplicación de los criterios descritos sobre vías terciarias se ha tomado como caso de estudio el municipio de Macaravita que se ubica en la provincia de García Rovira, departamento de Santander en una de sus zonas más alejadas:

Figura 1.

Ubicación del municipio de estudio



Nota. En la imagen se observa la ubicación del municipio de macaravita dentro del departamento de Santander, se encuentra limitado por los municipios de Carcasí, Chiscas, Tipacoque, Capitanejo y San Miguel (Alcaldía de Macaravita, 2017).

Macaravita se caracteriza por una topografía montañosa, ubicado en la cordillera oriental, pasan por sus tierras 6 diferentes fuentes hídricas, presenta varios climas que van desde el templado hasta el frío, lo que genera ciclos de lluvias intensas que saturan los sistemas de drenaje. Dentro de sus actividades productivas se encuentran la agricultura y la ganadería extensiva, siendo el sector agropecuario el que genera más ingresos y trabajo. El sector comercial, de servicios y turístico se encuentran poco explotados para el potencial posible existente (Rangel Suescún, 2020).

Si bien la ruta conecta el casco urbano del municipio con la carretera principal que conduce al nevado del Cocuy, el tráfico y las condiciones de la vía no da para tratarla como una vía secundaria, es decir, el flujo la mayor parte del tiempo es bajo y la ruta está en su totalidad

construida en afirmado por lo que para el caso la vía se tratará con las indicaciones específicas para vías terciarias.

2.2 Metodología

Este proyecto fue dividido en cuatro fases partiendo desde la recolección de información referencial hasta la obtención de los productos de propuesta metodológica y la descripción de las características de la vía de acceso al municipio de Macaravita mediante el uso de dicha metodología.

2.2.1 Búsqueda Bibliográfica

Como fuente de información principal se utilizaron los manuales sobre vías terciarias facilitados por el INVIAS para calzada y drenaje. Sin embargo, a medida que se leían y estudiaban los manuales se hizo evidente la necesidad de incluir elementos más complejos, es decir los puentes y pontones, y, como el proyecto se centra en carreteras de montaña, los taludes y los sistemas de estabilización de estos son elementos importantes.

También se revisaron manuales de Perú y Chile, en estos manuales también se resalta principalmente la importancia de controlar y dirigir el flujo de agua pues es el elemento que más daños estructurales produce en la calzada, sobre todo en zonas de montaña (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Además de esta consideración sobre los elementos viales, se encontró relevante la clasificación de la vía en función de la importancia de la vía para la región (USAID, 2016). Y también se involucró la descripción de puntos críticos sobre los cuales es indispensable mantenerse alerta en búsqueda de evitar situaciones riesgosas para la vida de los usuarios.

2.2.2 Definición de Metodología

2.2.2.1 Selección de Criterio Unificado de Calificación. Cada conjunto de datos posee distintas características y formas de calificación, lo que dificulta la unificación de las tablas y la visualización de la vía como un total, es por ello por lo que para lograr este objetivo se decidió usar una escala de calificación entre 0 y 5 como se describe en la guía para determinar el estado de la red vial nacional y clasificarla (Ministerio de Transporte & INVIAS, 2022),

Tabla 2.

Calificación para la clasificación de las vías

Calificación de la Sección	Estado de la Sección	Posible solución
0 a 2.0	Muy Malo	Reconstrucción
2.0 a 3.5	Malo	Rehabilitación
3.5 a 4.0	Regular	Refuerzo-Mantenimiento Rutinario
4.0 a 4.5	Bueno	Mantenimiento Rutinario y Recurrente
4.5 a 5.0	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario

Nota. Se tomó esto como guía para calificar los elementos en la vía terciaria. Tomado de la metodología para determinación y calificación de la red vial (Ministerio de Transporte & INVIAS, 2022)

De ese mismo documento se obtuvieron los porcentajes de cada elemento como se muestra en la tabla 1, pero se modificó tomando en cuenta que para vías terciarias no se diferencia la cuneta como elemento independiente, sino que se cuenta la berma-cuneta como un total, por lo que los porcentajes variaron así: calzada 72%, berma-cuneta 11.375%, alcantarillas 3%, puentes 1.125%, taludes 5% y señalización 7,5%.

2.2.2.2 Documento Metodológico

Toda la información obtenida de la investigación se convirtió en un Excel que es el centro del proyecto. A diferencia de un registro de datos convencional, esta herramienta fue configurada para automatizar el procesamiento de los datos recolectados en campo, donde los números se transforman en la calificación final del tramo y con ello en la calificación total de la vía.

Es importante explicar un elemento importante que es el ancho de la calzada que debe ser de 6 metros, sin embargo, muchas veces la calzada en zonas rurales no cumple ese requisito y reducir el valor de calificación de la calzada a cero sería extremo para calzadas que aún pueden ser transitables, sin embargo, sí es correcto darle un factor de reducción. Para ello se definió en valor de 0.8, esta reducción del 20% para calzadas de entre 3 y 6 metros se basa en el factor de ajuste por ancho del carril que utiliza la AASHTO (Transportation Research Board, 2010), es un valor conservador y razonable puesto que en vías rurales el tráfico es bajo así que los cruces con otros vehículos no son comunes. Aunque si el ancho de la vía es menor a 3 la calzada es insuficiente para el flujo y la calificación de la calzada es 0.

El despliegue de las variables, la lógica algorítmica de las fórmulas y la estructura de los módulos de cálculo se detallan integralmente en el Apéndice B dentro de este documento. Este enfoque permite que el usuario disponga de una herramienta de decisión en tiempo real, facilitando la transición desde la recolección de datos primarios hacia la obtención de resultados diagnósticos precisos para la planificación vial rural.

Así también, el documento metodológico completo y funcional de esta investigación se consolidó en una herramienta digital de diagnóstico vial. Para efectos de consulta y uso, el

material de soporte se ha entregado en formato .xlsx, el documento está dentro de la carpeta de apéndices como Apéndice C.

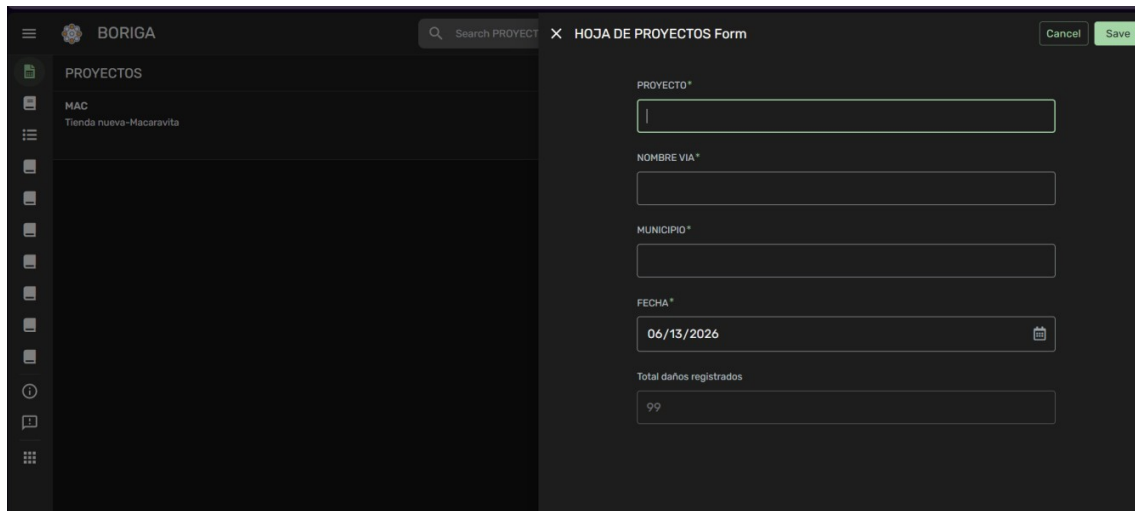
2.2.2.3 Prototipo de Aplicación

En el proceso de desarrollo del documento en Excel, se identificó la oportunidad de optimizar el proceso de recolección y sistematización de datos mediante la implementación de una herramienta digital, es por ello por lo que se decidió plantear un prototipo de aplicación en Appsheet, se decidió esta herramienta porque no necesita conocimientos de programación, se puede vincular con todos los programas de Google y también es posible realizar la aplicación con datos obtenidos de Excel por lo que es perfecto para este caso.

El planteamiento de la aplicación es que permita reducir el tiempo que toma recolectar los datos en campo y pasarlos manualmente al Excel, con esto se recoge la información directamente en el teléfono y se extrae la tabla en Excel, con ello la propuesta metodológica solo calcula los resultados y es más sencillo realizar el informe. La guía completa y explicación de cómo funciona la aplicación se encuentra en el apéndice E dentro de la carpeta de apéndices.

Figura 2.

Imagen de la propuesta de aplicación

The image shows a screenshot of a web application interface. On the left, there is a sidebar with a menu icon and a list of items under the heading 'PROYECTOS'. The first item is 'MAC' with a sub-item 'Tienda nueva-Macaravita'. The main area on the right is titled 'HOJA DE PROYECTOS Form'. It contains several input fields: 'PROYECTO *' (empty), 'NOMBRE VIA *' (empty), 'MUNICIPIO *' (empty), 'FECHA *' (filled with '06/13/2026' and a calendar icon), and 'Total daños registrados' (filled with '99'). There are 'Cancel' and 'Save' buttons in the top right corner.

Dentro de la misma aplicación es posible encontrar toda la información definida sobre los puntos de la vía, misma información que se encuentra en la hoja 1 de información general de la calzada, brindando con ello tanto los datos que una persona necesita conocer sobre vías terciarias como la herramienta de recolección y calificación de la información en una sola aplicación accesible.

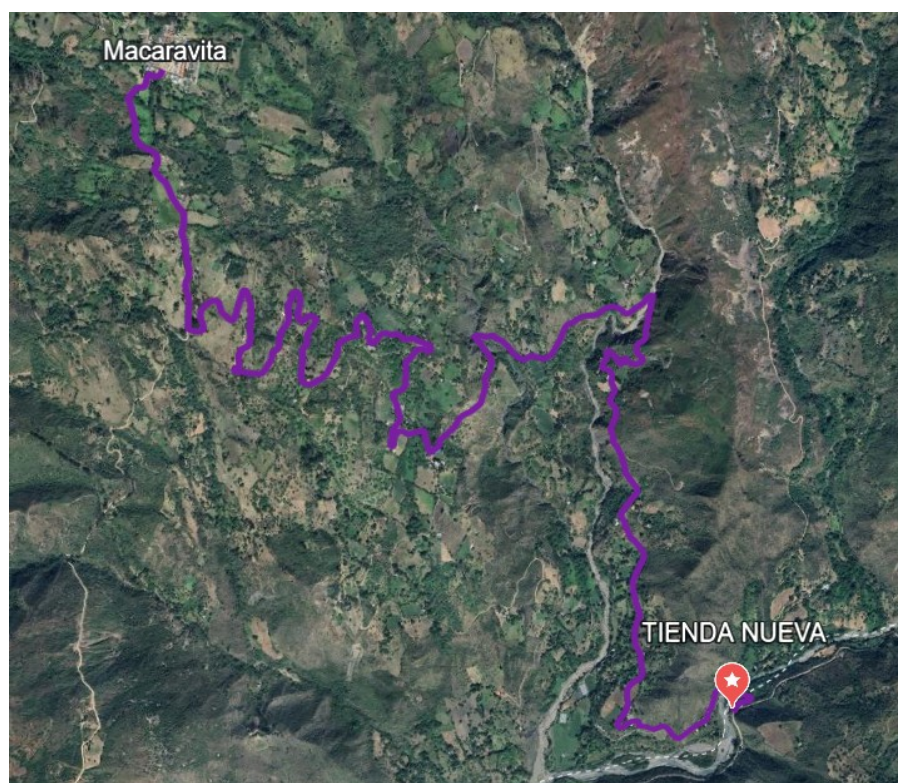
La implementación de esta tecnología transforma el levantamiento de información de una labor manual y propensa a errores a un proceso más automático y estándar. Esta metodología permite al Ingeniero disponer de una herramienta de toma de decisiones en tiempo real, garantizando que el diagnóstico del estado de las vías sea preciso y eficiente frente a las exigencias de supervisión vial.

2.2.3 Zona de estudio

Para probar la funcionalidad del documento metodológico se recurrió a la vía principal de acceso del municipio de Macaravita, Santander. El tramo va desde el punto conocido como Tienda Nueva hasta la cabecera municipal con una distancia total de 9,7 kilómetros.

Figura 3.

Imagen de la zona de estudio



2.2.4 Visita de Campo

Con el formato de inspección visual se realizó la visita a campo el día 02 de abril del año 2026, se recolectaron en total 18 hojas de información sobre los 9726 metros de carretera. Ya se llevaban los puntos definidos cada 100 metros, tomados y marcados desde Google Earth debido a que no se contaba con equipo profesional de GPS para realizar la medición en campo, y confiar

en el GPS del teléfono no es lo más adecuado porque este presenta un margen de error muy elevado sobre todo en curvas. La información de campo fue luego trasladada al Excel de la metodología para proceder a hacer el informe.

3. Análisis y Discusión de Resultados

3.1 Informe Diagnóstico Macaravita

Luego de realizar la visita a campo de la vía que conduce desde el punto conocido como Tienda nueva hasta el casco urbano del Municipio de Macaravita Santander, en un recorrido que tomó cerca de 4 horas de trabajo en campo, además, de aproximadamente 4 horas más para pasar esta la información de los 9726 metros de carretera al documento metodológico. Se encontró una correlación directa entre el estado de las estructuras de drenaje y la afectación de esto sobre la calzada, generando esto peores calificaciones generales de la vía. El informe completo obtenido de la visita realizada a Macaravita y del diagnóstico vial se encuentra en el Apéndice D dentro de la carpeta de apéndices.

Como se evidencia en la hoja número 5 del apéndice B, hay un 7,1% del total de la calzada en muy mal estado lo que indicaría la necesidad de reconstruir estos tramos de carretera, un 60,6% de la carretera está en mal estado, 20,2% de la vía está regular y un 12,1% de la vía se encuentra en buen estado. Es notable que ningún tramo de la vía alcanzó el estado de “muy bueno” que es el ideal esperado de funcionamiento en carreteras, hecho debido principalmente al factor de 0,8 que se utilizó para corregir el ancho de calzada puesto que ningún tramo de la vía tuvo un ancho de calzada igual o mayor a 6 metros.

Estos resultados muestran que existe un deterioro acumulado importante asociado principalmente a deficiencias de mantenimiento rutinario y problemas de drenaje. La situación resulta especialmente relevante considerando que la vía había sido perfilada aproximadamente cuatro meses antes de la visita técnica aun cuando lo recomendado es que se realice cada 80 días.

3.1.1 Estado de la calzada

Figura 4.

Estado general de la calzada, Macaravita

CALZADA			
ANCHO PROM.	3.4		
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
Surcos Transversales	2	5	Perfilado inmediato de la vía, revisar el estado del drenaje
Lodazales	2	0	
Baches	3	5	Dependiendo del estado general del daño, se puede evitar el perfilado, pero si es incomodo para el usuario se debe recurrir a rellenar con material y perfilar el terreno, además de considerar el estado del drenaje
Ondulaciones	3	1	
Ahuellamiento y Hundimientos	3	6	
Surcos Longitudinales	4	17	
Cabezas Duras	4	35	
Calzada en Buen Estado/Con Placa Huella	5	30	
PROMEDIO DE ESTADO	4.08		

Se notó claramente la influencia del estado de la calzada en la calificación de la vía, sobre todo al reducirse este valor por el factor de reducción de ancho de carril, el ancho promedio de la calzada fue de 3,43 metros, muy lejos del esperado generando con ello un factor de riesgo para los usuarios.

La presencia frecuente de surcos longitudinales evidencia procesos continuos de erosión superficial ocasionados por lluvias y cruce de fuentes hídricas sobre la calzada, situación directamente relacionada con deficiencias en el drenaje. De igual manera, los ahuellamientos y hundimientos observados indican pérdida progresiva de capacidad de soporte en sectores con presencia constante de humedad.

Los puntos en la vía donde se encontró mejor estado general fueron aquellos donde existía placa huella así que, como solución alternativa si no se puede ampliar el ancho de la calzada, se podría optar por la construcción de más tramos de placa huella sobre todo en los tramos de peor condición.

3.1.2 Señalización Vertical

Figura 5.

Estado general de la señalización, Macaravita

SEÑALIZACION			
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
No existe señal	0	34	Diseño e instalación de señales nuevas
Poco visible o claro	2	0	Reubicación o actividades de mantenimiento según lo indique el estado general
Integridad física comprometida	3	0	
Mala ubicación (según los requisitos INVIAS)	4	0	
Sin daños/en buen estado	5	3	
No requiere/No aplica	N/A	62	
PROMEDIO DE ESTADO		0.41	

Este elemento es el más crítico, solo se encontraron en total 3 señales en un tramo de casi 10 kilómetros con curvas cerradas y taludes inestables, generando con ello un gran riesgo de tránsito sobre la vía. Los resultados obtenidos muestran que la señalización representa uno elementos con urgencia de mejora mediante intervenciones de bajo costo en los 34 puntos que no tienen señal y la requieren.

3.1.3 Sistema de drenaje

Figura 6.

Estado general del sistema de drenaje, Macaravita

ALCANTARILLA			
CANTIDAD	18		
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
Ausencia de alcantarilla	0	3	Diseño e instalación de alcantarillas nuevas
Socavación del Concreto	1	0	Intervención y rehabilitación del suelo, estudio más profundo del estado del suelo y el drenaje
Separación de Juntas y Secciones	1	0	
Hundimiento y Exposición	1	3	
Agrietamientos y Fracturas	2	0	
Desgaste del Material	2	2	Intervención sobre la estructura de concreto
Mantenimiento Inadecuado	3	6	Implementación de mantenimiento rutinario
Obstrucción del Canal	3	6	
Alcantarilla revestida en buen estado	5	1	
PROMEDIO DE ESTADO		2.67	

PUENTES			
CANTIDAD	2		
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
Ausencia de puente en un lugar que lo requiere	0	1	Diseño y construcción de puentes nuevos
Daño en la infraestructura (apoyos, pilas)	2	0	Intervención y rehabilitación de apoyos, estudio del suelo y drenaje
Daño superficial (vigas, losa, riostra o superficie de rodadura)	3	0	Intervención en las obras superficiales de concreto o metal
Daños asociados a la funcionalidad y comodidad	4	1	Intervenciones menores sobre el puente para comodidad
Puente en buen estado	5	1	
No requiere/No aplica	NA	0	
PROMEDIO DE ESTADO		3.00	

CUNETAS			
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
Ausencia de drenaje lateral (berma-cuneta)	0	3	Diseño y construcción de cuneta
Berma-Cuneta obstruida en tierra	1	78	Implementación de mantenimiento rutinario, de ser posible construir en concreto
Separación o Pérdida de la sección útil de la berma-cuneta	2	0	Evaluación del drenaje y estado del suelo, reconstrucción
Fractura	3	0	Evaluación del concret y estado del suelo, rehabilitación de la cuneta
Grietas	3	0	
Desgaste (Grava expuesta)	4	0	Revisión del drenaje superficial y mantenimiento de la cuneta
Escalonamiento	4	0	
Cuneta en tierra en buen estado	4	2	
Cuneta revestida en buen estado	5	16	
PROMEDIO DE ESTADO		1.73	

El sistema de drenaje se encontró ineficiente a lo largo de la calzada, si bien existe cuneta en toda la calzada, está pobremente definida y se encuentra totalmente obstruida con material del talud, material del perfilado de la vía o vegetación que ha crecido incontrolablemente debido a grandes deficiencias de mantenimiento.

Este mismo problema ocurre con las alcantarillas, pues todas las alcantarillas se encuentran obstruidas con vegetación tanto en la entrada como en la salida lo que no solo impide su correcto funcionamiento sino también impide revisar otros daños más complejos de la vía que pudieran estar ocultos entre la maleza. Cabe notar que hay 18 alcantarillas en 9700 metros lo que ya es una correlación incorrecta en un terreno montañoso donde hay alcantarillas casi cada 100 metros. La mejor intervención posible es el mantenimiento rutinario que es requerido en las

alcantarillas con urgencia. Además, existen tres puntos principales donde se necesita la construcción de una alcantarilla, se debe evaluar estos puntos con mayor precisión.

Para los puentes y pontones se encontraron dos elementos construidos en buen estado los cuales requieren de mantenimiento rutinario, así también hay tramos, asociados a dos puntos críticos, donde la solución incluye la construcción de un puente, para este caso si se sugiere un estudio más avanzado y complejo del suelo pues la situación general de estos tramos es grave principalmente en época de lluvias.

En términos generales, el comportamiento observado confirma que las actividades de limpieza rutinaria, mantenimiento hidráulico y construcción de nuevas estructuras de drenaje representan una de las estrategias más importantes para mejorar la durabilidad de la vía y reducir el deterioro progresivo de la infraestructura.

3.1.4 Taludes y estabilidad

Figura 7.

Estado general de los taludes, Macaravita

OBRAS DE ESTABILIZACIÓN			
Daño	Calf.	Cantidad	Intervención
Detritos en la Vía	1	5	Análisis de la estabilidad general del suelo tanto en corte como en terraplen así como el estado del drenaje. Evaluación de la posibilidad de estabilizar el talud con métodos más completos.
Hundimiento de la Subrasante	1	0	
Grietas de Tracción	1	0	
Cambios de Forma	2	0	
Abultamiento en la Calzada	2	6	
Problemas de Drenaje y Erosión	3	0	Posibilidad de estabilizar el talud.
Talud en Buen Estado sin obras de estabilización	4	21	
Talud en Buen Estado con obras de estabilización	5	0	
No requiere.No aplica	N/A	67	
PROMEDIO DE ESTADO		3.56	

Durante la inspección se identificaron sectores con procesos de erosión superficial y pérdida localizada de material en taludes de corte y relleno. Aunque no se evidenciaron fallas de gran magnitud, sí se observaron zonas susceptibles a deterioro progresivo debido a la lluvia y la ausencia de obras de protección.

La combinación entre pendientes pronunciadas, ausencia de obras de estabilización y manejo deficiente de aguas superficiales favorece los daños en los taludes y aumenta el riesgo de pérdida parcial de banca en temporadas de precipitación intensa.

3.1.5 Priorización USAID

Como último elemento del informe se habla del impacto socioeconómico, donde 26 casas habitadas se encuentran directamente sobre la vía, así como 12 puntos de actividad económicas y 5 puntos de interés, sin contar los demás habitantes que si bien no viven sobre la vía si la requieren para todas sus actividades importantes.

3.1.6 Uso de la Aplicación BORIGA

Se decidió probar además el funcionamiento de la aplicación con los mismos datos de Macaravita, el proceso fue relativamente más rápido y completo dentro de la aplicación, lo que permite mantener toda la información sobre la vía accesible en un dispositivo móvil. La información completa obtenida de la aplicación se encuentra en el apéndice E dentro de la carpeta de Apéndices.

3.2 Evaluación de la Propuesta Metodológica

Este documento permitió vincular las normativas nacionales existentes relacionadas a los elementos en las vías terciarias de montaña, tratando la vía como un solo sistema donde todos los

elementos están vinculados entre sí permitiendo con ello evaluar más fácilmente los causales principales de daño y abordar con mayor facilidad el problema general.

La automatización implementada mediante el documento Excel facilitó significativamente el procesamiento de información, permitiendo generar calificaciones automáticas, consolidar resultados y obtener análisis generales de la vía de manera rápida y homogénea. Esto representa una ventaja importante frente a procesos manuales tradicionales de inspección vial. Además, que en un solo documento contiene la información general de estado de los elementos, la descripción de estos, la calificación asignada y la explicación de lo mismo, lo que no solo hace la herramienta un sistema aislado difícil de comprender, sino que reúne la información en un mismo lado para facilidad de uso.

Asimismo, la estructura del instrumento permitió diferenciar entre elementos lineales y puntuales, facilitando una evaluación más adecuada de alcantarillas, puentes y puntos críticos específicos. La herramienta desarrollada presenta además un alto potencial de aplicación en municipios rurales con capacidades técnicas y presupuestales limitadas, donde normalmente no existen sistemas digitalizados de gestión vial ni metodologías unificadas para la evaluación de vías terciarias. Esto se pudo evidenciar en la calificación obtenida para el municipio de Macaravita, donde el diagnóstico explica correctamente el daño general en la vía, las causales y las opciones de mejora.

Cabe recalcar que en esta propuesta metodológica, si bien fue posible reducir los tiempos de procesamiento de datos y obtención de resultados, el trabajo de pasar la información del formato de campo a la hoja de datos del Excel es muy tardado, tomando casi el mismo

tiempo que tomaría la visita a campo haciendo con ello el procedimiento más largo forzando el uso de herramientas ya casi obsoletas como lo son los formatos impresos y el trabajo a mano, lo que indica un punto a trabajar en busca de mejora.

Por ello, el planteamiento del prototipo de la aplicación se ve como un siguiente paso lógico donde se evidencia la reducción del tiempo que toma tanto recolectar como procesar los datos, es notorio que esta propuesta de aplicación tiene muchos puntos por mejorar y corregir, sin embargo, no deja de ser un avance entre el trabajo donde se reducen los tiempos de trabajo y se puede acceder a los datos de una calzada en tiempo real de manera práctica.

4. Conclusiones

Se realizó la revisión bibliográfica y normativa la cual permitió acceder a la información referente a los elementos pertenecientes a vías terciarias, enfocados en la calzada, señalización, obras de drenaje, estabilización y criterios de priorización obtenidos de la normativa INVIAS, además que se hizo evidente lo disperso de la información para una vía que debe funcionar como una unidad lo que dificulta la realización de un diagnóstico integral de las vías. A partir de esta premisa y de un sistema de calificación de vías facilitado también por el INVIAS, se logró sintetizar y unificar los elementos de la vía en una sola metodología de evaluación.

A partir del análisis de información se llegó a una metodología de diagnóstico vial completa para vías terciarias donde se integran los elementos de la vía, facilitando la recolección, organización y análisis de la información obtenida en campo, así también permitió integrar la priorización USAID como elemento adicional que evidencia el impacto social y productivo de vías mejor intervenidas. La implementación de calificaciones automáticas y fórmulas que muestran la unificación de los criterios definidos redujo significativamente los tiempos de procesamiento y evaluación de datos y mejoró la interpretación global del estado de la infraestructura vial para la realización de informes diagnósticos.

No solo esto, sino que el análisis tanto de información como del desarrollo de la propuesta metodológica abrió la puerta a el avance del procesamiento de la información pudiendo transformar la herramienta en una aplicación de fácil acceso y uso con lo que conocer el estado de las vías terciarias podría dejar de ser un tema incompleto y convertirse en una información de conocimiento público que se pueda actualizar constantemente.

La aplicación de la metodología en la vía de acceso al municipio de Macaravita permitió comprobar la funcionalidad de la herramienta y evidenció que la mayor parte del corredor presenta condiciones entre malas y regulares, asociadas principalmente a deficiencias en el drenaje superficial, insuficiencia de alcantarillas, falta de mantenimiento rutinario y ausencia de señalización vertical adecuada. Se evidenció la relación entre el deterioro de la calzada y las fallas en los sistemas de drenaje, principalmente por la obstrucción de las cunetas lo que lleva a la formación de surcos longitudinales y pérdida de capacidad estructural del afirmado. Esto confirma la importancia del mantenimiento hidráulico como una de las principales estrategias para conservar la funcionalidad de las vías terciarias de montaña.

La metodología también permitió identificar puntos críticos asociados a riesgos de pérdida de banca, erosión de taludes que a su vez provienen de deficiencias estructurales en algunos sectores del corredor vial debido a la ausencia de puentes que eviten el flujo directo sobre fuentes hídricas. Esto facilita la priorización de futuras intervenciones y genera información técnica útil para procesos de planificación y asignación de recursos.

Finalmente, el desarrollo de la propuesta metodológica en Excel y su adaptación preliminar a una aplicación móvil en AppSheet demuestran el potencial de implementación de metodologías tecnológicas de bajo costo para la gestión vial rural, especialmente en municipios con capacidades técnicas limitadas trayendo herramientas prácticas y fáciles de usar que permitan conocer constantemente el estado de la vía.

5. Recomendaciones

La estructura de la metodología es funcional e intuitiva para el uso técnico, incluye tanto la información de la vía como el proceso de diagnóstico en un solo lugar y, si bien los resultados del diagnóstico son favorables, tiene mucho más por mejorar, automatizando los elementos, ajustando los porcentajes de manera más precisa y coherente con la situación de vías en afirmado y convirtiéndolo en un elemento que no sea solo de uso técnico en la ingeniería civil sino que pueda ser un elemento comunitario, donde los mismos habitantes, o turistas de ser el caso, puedan saber y entender en tiempo real que sucede con la vía, si existen situaciones de riesgo, si hay flujo del tránsito o cualquier otra novedad que afecte la situación socioeconómico de un municipio.

La presente investigación se desarrolló a partir de inspección visual y evaluación funcional de la vía, por lo que no incluye análisis geotécnicos, hidráulicos o estructurales detallados. Asimismo, la metodología fue aplicada específicamente sobre una vía terciaria de montaña, por lo que futuras investigaciones podrían corroborar su comportamiento en otros contextos geográficos y condiciones de tránsito diferentes.

Esta propuesta metodológica, no se ve como un elemento planteado para estancarse, sino como un elemento en constante mejora. La implementación futura de herramientas digitales para gestión vial rural podría mejorar significativamente los procesos de monitoreo, priorización e intervención sobre infraestructura terciaria en municipios con capacidades técnicas limitadas. Este documento no es solo académico, puede ser implementado y estudiado por las entidades

gubernamentales locales de los municipios a fin de poder apoyar el desarrollo infraestructural de las zonas rurales.

Referencias Bibliográficas

- GADM. (2018). *MACARAVITA, SANTANDER*.
<https://gadm.org/maps/COL/santander/macaravita.html>
- INVIAS. (2006). *MANUAL DE INSPECCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE*.
- INVIAS. (2008). *MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*.
- INVIAS. (2015). *MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL*.
- INVIAS. (2016a). *CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS*.
<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/2706-clasificacion-de-las-carreteras>
- INVIAS. (2016b). *MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS VOLUMEN 1*.
- INVIAS, & Universidad Nacional de Colombia. (2006a). *MANUAL DE INSPECCIÓN DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN*.
- INVIAS, & Universidad Nacional de Colombia. (2006b). *MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES Y PONTONES*. www.invias.gov.co
- Ministerio de Transporte. (2015). *GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS CON PLACA HUELLA*.
- Ministerio de Transporte, & INVIAS. (2022). *METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL*.
- Ministerio de Transportes. (2025). *METODOLOGÍA PARA REPORTAR LA INFORMACIÓN QUE CONFORMA EL SISTEMA INTEGRAL NACIONAL DE INFORMACIÓN DE CARRETERAS-VERSIÓN 5*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO*.

Ministerio del transporte. (2017). *GUÍA PARA REALIZAR LA CATEGORIZACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL*.

Rubiños Simón. (2024). LAS VÍAS TERCIARIAS EN COLOMBIA: A LA ESPERA QUE SE EJECUTEN PROYECTOS. *Periódico UNAL*. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/las-vias-terciarias-en-colombia-a-la-espera-de-que-se-ejecuten-proyectos>

Suarez Díaz, J. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*.

USAID. (2016). *GUÍA PRÁCTICA PARA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS DE VÍAS TERCIARIAS*.

Apéndices

Apéndice A. Especificaciones Técnicas y Criterios de Evaluación.

Información extraída y modificada de los manuales INVIAS y USAID.

Tabla A1

Daños típicos en vías en afirmado, método VIZIRET

Parámetro de Deterioro	Descripción del Daño	Criterios de Severidad
Baches	Hoyos o cavidades por pérdida de material y tráfico pesado.	Leve: < 5 baches en 100 m. Regular: 5 a 20 baches en 100 m. Grave: > 20 baches en 100 m.
Ondulaciones	Deformaciones transversales rítmicas (corrugaciones) por frenado/aceleración.	Se mide por la extensión a lo largo del tramo y la incomodidad al conducir.
Ahuellamiento y Hundimientos	Depresiones longitudinales en la zona de paso de las ruedas o deformaciones locales.	Se mide por la profundidad (mm) y el porcentaje del área del tramo afectada.
Surcos Longitudinales	Canales paralelos al eje de la vía causados por la erosión del agua.	Leve: Profundidad superficial. Grave: Profundidad que amenaza la estabilidad de la calzada.
Surcos Transversales	Canales que atraviesan la vía; indican falla en el bombeo (pendiente transversal).	Requiere perfilado inmediato (Presencia/Ausencia).
Lodazales	Áreas con acumulación de agua y finos, con pérdida total de soporte.	Intervención inmediata y adición de material granular.
Cabezas Duras	Piedras grandes o roca madre expuesta por pérdida de la capa de	Se evalúa según la pérdida de comodidad y el riesgo de daños

	finos.	mecánicos.
Erosión de Cunetas y Canales	Desgaste o socavación de las estructuras de drenaje lateral.	Se evalúa según el grado de obstrucción o pérdida de la sección hidráulica.

Nota. Estaba tabla muestra los daños que se pueden presentar en una vía en afirmado según el método VIZIRET, adaptado del manual de mantenimiento de carreteras, volumen 1 (INVIAS, 2016b).

Tabla A2

Criterios normativos para señalización vertical

Categoría	Parámetro de Evaluación	Requisito Normativo (INVIAS, 2015)
Criterios Geométricos	Ubicación Lateral	Distancia de 1.8 metros desde el borde de la calzada.
	Altura Libre	Entre 1.8 metros y 2.2 metros desde el suelo a la base de la señal.
	Integridad Física	Soporte y placa en buen estado; sin daños estructurales, vandalismo, rayones o deformaciones.
Criterios de Funcionalidad	Distancia de Visibilidad	Mínimo 130 metros de visibilidad despejada (para velocidad de diseño de 40 km/h)
	Legibilidad y Claridad	El mensaje debe ser comprensible y el material reflectivo debe ser eficiente para visión nocturna.
	Obstrucciones	Ausencia de vegetación, otras señales o elementos que bloqueen la lectura de la señal.

Nota. Información sobre los criterios de la norma para el buen funcionamiento de la señalización vertical, cabe recalcar que la norma no lista los daños en la señalización, solo menciona requisitos mínimos (INVIAS, 2015).

Tabla A3

Daños típicos en cunetas revestidas

Tipo de Daño	Severidad Baja (B)	Severidad Media (M)	Severidad Alta (A)
Escalonamiento	< 0.6 mm	0.6 mm a 25 mm	> 25 mm
Grietas	< 3 mm	3 mm a 10 mm	> 10 mm
Desgaste (Grava expuesta)	< 5 cm	5 cm a 15 cm	> 15 cm
Separación de la Calzada	< 0.3 mm	0.3 mm a 10 mm	> 10 mm
Fractura	N/A	0.3 mm a 10 mm	> 10 mm

Nota. Se incluye los daños y severidad correspondiente para cunetas revestidas en concreto, adaptado del manual de inspección de obras de drenaje (INVIAS, 2006).

Tabla A4

Descripción de daños en alcantarillas.

Categorías	Tipo De Daño	Descripción
Funcionalidad Hidráulica	Mantenimiento Inadecuado	Presencia de barro, hojas o elementos que obstruyan el paso.
	Obstrucción del Canal	Grietas o sedimentos en la salida.
Estructural	Agrietamientos y Fracturas	En los cabezales de entrada y salida, en la tubería, el daño aumenta si las grietas exponen el acero de refuerzo
	Desgaste del Material	Pérdida de mortero en las uniones
	Socavación del Concreto	Erosión del suelo bajo los cabezales o la tubería, lo que puede causar el colapso de la obra.
Estabilidad Del Suelo	Separación de Juntas y Secciones	Cuando los tubos se apartan, el agua se filtra hacia el relleno de la vía.
	Hundimiento y Exposición	Deformaciones en la calzada sobre la alcantarilla o pérdida de cobertura del relleno, dejando la tubería expuesta al tráfico directo.

Nota. Se describen los daños en alcantarillas de concreto, organizados por el criterio de funcionalidad que afectan, siendo los daños a la estabilidad del suelo los más peligrosos.

Tabla A5

Descripción de daños en puentes y pontones.

Naturaleza del Análisis	Elementos Por Evaluar	Daños Por Inspeccionar
Infraestructura y Apoyos	Apoyos	Deformaciones, desplazamientos o pérdida de la capacidad de movimiento de la estructura.
	Estribos y Pilas	Presencia de grietas, fisuras severas o signos de socavación en las bases por acción del agua.
Superficie	Elementos Portantes (Vigas, Losas, Riostras)	Grietas de flexión, fisuras, exposición del acero de refuerzo o signos avanzados de corrosión.
	Superficie de Rodadura y Juntas	Deterioro de la capa de rodadura, desniveles en juntas de expansión u obstrucciones que generen impacto al tráfico.
Funcionalidad y Seguridad	Andenes y Bordillos	Integridad física de las zonas peatonales; revisión de fracturas que impidan el tránsito seguro.
	Barandas y Señalización	Firmeza de los elementos de contención, presencia de señales reflectivas y estado de conservación (sin vandalismo).
	Sistema de Drenaje y Cauce	Limpieza de desagües en el tablero y vigilancia de obstrucciones (palizadas) en el cauce bajo la estructura.

Nota. Descripción de daños separados por el criterio que afectan directamente. La estructura puede ser tanto metálica como de concreto. (INVIAS & Universidad Nacional de Colombia, 2006b)

Tabla A6

Daños típicos en taludes

Indicador de Inestabilidad	Descripción y Efecto en la Vía
Grietas de Tracción	Fisuras en la corona o cuerpo del talud que indican el inicio de un movimiento de masa.
Hundimiento de la Subrasante	Descenso del nivel de la calzada, indicando falla en el talud de relleno o terraplén.
Abultamiento en la Calzada	Levantamiento del afirmado por la presión lateral del pie de un talud de corte en movimiento.
Detritos en la Vía	Acumulación de material suelto, rocas o lodo que invade la berma o calzada.
Problemas de Drenaje y Erosión	Presencia de cárcavas, surcos de erosión o afloramientos de agua no canalizados.
Cambios de Forma	Alteraciones en la geometría original del talud (pérdida de inclinación o formación de escalones).

Nota. Se describen los daños en taludes mismos que pueden ser intervenidos mediante la implementación de obras de estabilización de reconformación, contención o anclajes (INVIAS & Universidad Nacional de Colombia, 2006a).

Tabla A7

Criterios de la priorización USAID

Categoría de Impacto	Elementos Para Evaluar	Descripción de la Relevancia
Conectividad Estratégica	Sitios importantes	Presencia de conexiones con vías principales, puertos o aeropuertos que faciliten la movilidad regional.
Impacto Social	Centros Poblados y Pueblos	Ubicación de asentamientos humanos, escuelas o centros de salud que dependen directamente de la vía.
Potencial Productivo	Áreas Sembrada	Existencia de zonas sembradas que requieren el transporte de insumos y productos cosechados.
Cadenas de Valor	Actividades Económicas	Presencia de cadenas productivas agrícolas, ganaderas, de especies menores o atractivos turísticos locales.

Nota. Cuántos más de estos elementos se encuentren en una vía mayor prioridad debe tener al momento de intervenir (USAID, 2016).

Apéndice B. Metodología Detallada de la Herramienta de Cálculo

1. Instrucciones de uso. Para mayor facilidad de uso, el excel se creó con su propia guía de información donde se entiende el proceso de flujo de trabajo en cada hoja

Figura B1

Hoja de instrucciones de uso

  PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE VÍAS Terciarias DE MONTAÑA Caso de Estudio: Macaravita, Santander Erika Viviana Carreño Gutiérrez Universidad Industrial de Santander		
1 Objetivo Este documento fue desarrollado como un apoyo en el diagnóstico del estado de las vías terciarias de montaña colombianas, combinando las normas INVIAS que existen sobre calzada, señalización, drenaje y taludes en un sistema de calificación automático.		
2 Estructura del Documento		
Hoja	Función	Uso
0. Instrucciones de Uso	Indicaciones para usar el documento.	Esta hoja es meramente informativa, para entender el funcionamiento del excel.
1. Información General de Vías Terciarias	Tabla de parámetros normativos y criterios de calificación	También es una hoja de información que a su vez sirve como imprimible, si se desea llevar la información de las vías terciarias y la escala de daño de estas a campo se puede imprimir este archivo, en formato vertical y hoja tamaño carta.
2. Toma de Datos	Registro de inspección visual tramo por tramo	Se diligencia la información en la hoja, los pr se colocan solo con el número exacto de ubicación, la columna por defecto agrega el "Km+###". Las imágenes se agregan como un hipervínculo a drive. Y en adelante, la columna 3 indica los colores, VERDE es que se debe diligenciar, y AZUL.
3. Inventario	Registro de alcantarillas y puentes	Las alcantarillas y puentes se colocan en el pr puntual, también el número asigna solo el formato y el código de color es el mismo, VERDE para escribir en la celda y AZUL si es automático.
4. USAID	Para colocar los puntos de interés encontrados en cada tramo.	En esta hoja se coloca la cantidad de puntos importantes que se vayan encontrando en la vía
5. Informe	Con base en la información obtenida se obtiene el puntaje de estado de la vía.	En esta hoja solo se debe colocar la información superior, y una foto donde se vea la vía en estudio, lo demás se obtiene automáticamente de las hojas 2 y 3 y es la base para hacer el

Nota. Se muestra parte de la información contenida en la hoja de instrucciones de uso lo que facilita el entendimiento del proceso llevado a cabo en la metodología.

2. Hoja 1, Información General de Vías Terciarias. Esta sección consolida los criterios técnicos de evaluación para los diferentes elementos viales considerados dentro de la metodología. Para cada elemento se definieron tipos de daño, descripción técnica, nivel de severidad y calificación asociada, muy similar a las tablas encontradas en el apéndice A, con el agregado de la calificación entre 0 y 5 y la explicación de porque se define la misma.

Para elementos puntuales como alcantarillas, puentes y taludes, se implementó una lógica de calificación condicionada: si el elemento es inexistente pero requerido, se penaliza la

Nota. Para la parte dos de la hoja de datos, la berma cuneta se debe diligenciar, sin embargo, tanto las alcantarillas y puentes se traen automáticamente de la hoja de inventario. Finalmente se obtiene la calificación del tramo de manera automática.

4. Hoja 3, Inventario

En esta hoja de debe colocar la información de alcantarillas y puentes porque estos son elementos puntuales y no lineales, así que se debe analizar cada elemento independientemente y luego parte de esa información pasa a la hoja 2.

Figura B4

Uso general de la hoja de inventario

ALCANTARILLAS						PUENTES					
ID	PR Exacto	Descripción	Daño Principal	Calificación	Foto	ID o Nombre del Puente	PR Exacto	Descripción	Daño Principal	Calificación	Foto
K2+825	K2+825	En concreto, 3,6 mt de longitud, 1,5m x 1,1m de entrada	Mantenimiento o Inadecuado	1.8%	K2+825	Puente sin nombre, ubicado sobre el río que proviene de Chiscas	K+170	En concreto, vegetación a lo largo del puente sin barreras de protección ni barandas, 25mt de longitud, 3mt de ancho	Daños asociados a la funcionalidad y comodidad	0.9%	K+170
k3+ 000	K3+000	En concreto, 3,6 mt de longitud, 1,5m x 1,1m de entrada	Mantenimiento o Inadecuado	1.8%	K3+000	Puente sobre la quebrada "de humaleta"	K3+400	Existe un puente en madera fabricado por los habitantes del sector que carece de apoyos adecuados para uso, sin embargo, por el cruzan, motos y personas a pie lo cual es muy peligroso, hay que construir un nuevo puente	Ausencia de puente en un lugar que lo requiere	0.0%	K3+400

Nota. Para colocar la información de las alcantarillas y puentes en el punto exacto donde se encuentra. Es importante colocar también los puntos donde debería existir este elemento y no ocurre, esto es relevante para conocer la cantidad de estructuras nuevas que deberían construirse.

5. Hoja 4, Información para priorización USAID

Si bien se consideró relevante contemplar la priorización USAID, este elemento no se registra de manera lineal como la calzada, berma o talud, ni debe realizarse el análisis punto por punto, por lo que se decidió apartar este elemento de los demás como un valor a considerar al

momento de comparar esta vía con otro, más no necesario en el análisis individual de una sola carretera. Este análisis individual permite estudiar el costo-beneficio social de intervenir en la vía.

Figura B5

Hoja de Priorización USAID

PRIORIZACIÓN USAID	
¿Conectividad con cabecera municipal?	
SI	
Municipio:	Macaravita
Descripción de la zona de influencia:	Vía desde "Tienda Nueva" hasta el casco urbano, veredas Huertas, Juncal, Pajarito
Km de vía en el recorrido	9.7 km
Viviendas alrededor de la vía	28
SITIOS IMPORTANTES	
1	Escuelas
	Centros médicos
	Centros culturales
	Corregimientos
3	Veredas
1	Otro: Cementerio
	Otro: _____
CADENAS PRODUCTIVAS	
10	Agrícola
	Ganadería: Carne
1	Ganadería: Leche
	Ganadería: Doble propósito
	Frutícola
	Bosques
	Minería
	Turismo
	Piscicultura
	Avicultura
	Porcícola
1	Otro: Tiendas de comercio local
	Otro: _____

6. Hoja 5, Resumen y Análisis

Esta sección es la de análisis para la información recolectada. En este se obtiene el resumen general del estado de la vía en general y para cada elemento.

Figura B6

Uso de la hoja de informe

Nota. Esta hoja tiene los mismos elementos de la vía terciaria para que pueda colocarse el peor daño en cada elemento y las anotaciones correspondientes, además de chequear si se tomó la imagen correspondiente del lugar.

Apéndice C. Documento Propuesta Metodológica Para el Diagnóstico de Vías Terciarias de Montaña

El apéndice está adjunto y puede visualizarlo en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice D. Diagnóstico Vial Para la Vía Principal del Municipio de Macaravita

El apéndice está adjunto y puede visualizarlo en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice E. Aplicación BORIGA Para Recolección de Información de Vías Terciarias

El apéndice está adjunto y puede visualizarlo en la base de datos de la biblioteca UIS