

Implementación de un sistema de información geográfico en aplicativo móvil para la categorización, priorización e inventario vial como solución tecnológica de fácil uso y bajo costo.

Sebastián Blackburn Ortiz

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Miller Humberto Salas Rondón

Doctor en Gestión del Territorio e Infraestructura del Transporte

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Programa Académico

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

A mi Abuelo, por haberme apoyado siempre en los momentos que más lo necesité, por haber sido ese gran ejemplo de constancia y resiliencia para salir adelante ante las adversidades del camino. Este proyecto de grado es el resultado de lo que me enseñaste a ser con el ejemplo, buscar el bien para quienes más lo necesitan siendo una persona honesta, genuina, colaboradora y un gran líder, por esto y mucho más hoy te dedico este trabajo. Gracias por haber visto más en mí y darme la oportunidad de ser mejor en cada momento de mi vida.

Sé que ahora me sigues guiando desde donde sea que estés.

A mi Abuela, que con paciencia, perseverancia y amor me apoyó todos los días buenos y sobre todo los malos, aquellos en los que no tenía ánimo para continuar. Gracias por el apoyo incondicional y los cuidados durante toda mi vida. Gracias por todo el gran esfuerzo sin el cual no habría podido estar acá.

Agradecimientos

Al creador de todas las cosas, por guiar mis pasos y haberme dado la fortaleza, la capacidad y el valor para sortear los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

De igual forma, mi mayor agradecimiento para Alejandro que siempre ha estado junto a mí, muchas veces poniéndose en el papel de padre brindándome su apoyo y sin el cual este trabajo de grado no hubiera sido posible.

A David y Aleja, que son los seres más importantes en mi vida y los que me motivan a alcanzar cosas cada vez más grandes.

A mi familia quienes, con sus consejos, ayuda y cariño han sido parte fundamental de mi vida.

A Camila, que durante estos años ha sido mi compañía en momentos buenos y malos, me ha consentido y sobre todo me ha apoyado en todo lo que me he propuesto, a mi compañera de corazón y vida.

A Mila, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por ayudarme a aclarar las ideas cuando estaba nublado y por todo el tiempo y paciencia que tuvo conmigo para lograr un buen resultado.

A los profesores, que hicieron parte de esta etapa de mi vida y que gracias a sus enseñanzas me formaron no solo académicamente sino como una persona íntegra.

A mis amigos, aquellos con los que pude compartir dentro y fuera de las aulas, aquellos amigos del cole, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo el apoyo que me permitió mantenerme con empeño y dedicación, y a todos quienes aportaron su granito de arena para culminar esta etapa de mi vida con éxito.

Tabla de Contenido

	Pág.
Apéndices.....	8
Introducción	14
1. Objetivos.....	16
1.1 Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Antecedentes	17
3. Marco de Referencia.....	20
3.1 Marco Teórico.....	20
3.2 Marco Legal.....	23
3.2.1 Inventario Vial	25
3.2.2 Categorización	27
4. Estado del Arte.....	28
5. Metodología	31
5.1 Categorización y Priorización de una vía	33
5.2 Recolección de la información del Inventario Vial	35
5.3 Verificación y Tratamiento de Datos.....	37
5.4 Resultados y Alternativas de Solución	38
6. Proyecto Vía Transpiedecuesta – La Navarra.....	39
6.1 Categorización y Priorización de una vía	39
6.2 Recolección de la información del Inventario Vial	41

6.3 Verificación y Tratamiento de Datos	43
6.4 Resultados y Alternativas de Solución	44
7. Conclusiones	49
8. Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	52

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Kilómetros de la red vial terciaria por Departamento según Leónidas Narváz</i>	28
Tabla 2 <i>Asignación de puntajes para la priorización de vías terciarias</i>	35
Tabla 3 <i>Capas Geográficas a Reportar ante el SINC</i>	36
Tabla 4 <i>Inventario de Vías rurales y terciarias</i>	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Comparación de factores confluyentes con conectividad deficiente</i>	20
Figura 2 <i>Composición del Sistema Nacional de Carreteras en el año 2020</i>	21
Figura 3 <i>Composición del Sistema Nacional de Carreteras desde el año 2002 hasta el 2020</i>	22
Figura 4 <i>Ingreso de Información de Categorización al Aplicativo Mappy.</i>	39
Figura 5 <i>Matriz de Resultado de Categorización Vial</i>	40
Figura 6 <i>Ingreso de Información de la Matriz de Resultado de Categorización Vial al aplicativo Mappy.</i>	40
Figura 7 <i>Capas recolectadas de Eje, Propiedades y Sitios Críticos</i>	41
Figura 8 <i>Capas recolectadas de Fotoeje, PRS y Obras de Drenaje.</i>	42
Figura 9 <i>Capa recolectada de Puentes.</i>	43
Figura 10 <i>Mapa de Calor del Eje de Sitios Críticos categorizados por severidad.</i>	45
Figura 11 <i>Comparación de Capa Eje Campo vs Capa Eje IA</i>	50

Apéndices

Apéndice A. Matriz de Categorización de vía Transpiedecuesta – La Navarra

Apéndice B. Capas a Reportar ante el SINC de vía Transpiedecuesta – La Navarra

Apéndice C. Artículo

Glosario

Afirmado: capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas.

Gestión vial: conjunto de operaciones que tienen por objetivo conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad, capacidad y nivel deservicio adecuados para la circulación, soportando las condiciones climáticas y del entorno de la zona donde se encuentra localizada la infraestructura, minimizando los costos monetarios, sociales y ambientales.

Índice de Pobreza Multidimensional: es un índice de pobreza estadístico que identifica múltiples carencias a nivel de los hogares y las personas en los ámbitos de la salud, la educación y el nivel de vida (UNDP: <http://hdr.undp.org/es/faq-page/multidimensional-poverty-index-mpi#t295n2515>).

Infraestructura vial: toda carretera que conforma o no el Sistema Nacional de Carreteras.

Mantenimiento: conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

Mejoramiento: ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

Población rural: el concepto de población rural se aplica a aquellos tipos de población ubicadas en zonas no urbanizadas que se dedican a la producción primaria, ya sea de productos agrícolas como de productos.

Proceso de contratación: conjunto de actos y actividades, y su secuencia, adelantadas por la Entidad Estatal desde la planeación hasta el vencimiento de las garantías de calidad, estabilidad y mantenimiento, o las condiciones de disposición final o recuperación ambiental de las obras o bienes o el vencimiento del plazo, lo que ocurra más tarde.

Reconstrucción: renovación completa de una obra de infraestructura vial, previa demolición parcial o completa de la existente, pudiendo modificarse sus características originales.

Red Regional: conformada por las carreteras que conforman la red vial secundaria y terciaria.

Red vial primaria: corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

Red vial secundaria: vías que unen las cabeceras municipales entre sí o que vienen desde una cabecera municipal y conectan con una Carretera primaria. Pueden ser pavimentadas o en afirmado.

Red vial terciaria: vías que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Deben ser en afirmado. Si se pavimentan deben cumplir a las condiciones geométricas fijadas para las Vías secundarias.

Red vial: conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (nacional, departamental y terciaria o rural)

Rehabilitación: ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.

Sistemas de Información Geográfica (SIG): es un sistema informático que incorpora hardware, software y datos para Capturar, gestionar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada. El término SIG, que en la actualidad está ampliamente difundido tanto en la geografía como en otras ciencias, en especial en aquellas vinculadas con la planificación territorial y la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales, es de compleja definición habida cuenta de sus capacidades técnicas y analíticas y su carácter multipropósito.

Resumen

Título: Implementación de un sistema de información geográfico en aplicativo móvil para la categorización, priorización e inventario vial como solución tecnológica de fácil uso y bajo costo.*

Autor: Sebastián Blackburn Ortiz**

Palabras Clave: Infraestructura vial, vías terciarias, ingeniería civil, tecnologías alternativas, caracterización vial, sistema de información geográfico.

Descripción: La infraestructura vial es fundamental para el desarrollo y crecimiento de las regiones del país, pues dinamiza la economía e integra a las regiones marginales. Se conoce la influencia que tiene la conectividad deficiente con índices como el de la pobreza multidimensional, la alta incidencia del conflicto armado, la detección de cultivos ilícitos y siembra de coca, la deforestación, ruralidad y aparición de minería ilegal. Este proyecto de grado implementa en la vía Transpiedecuesta – La Navarra un aplicativo móvil que integra los procesos de categorización, priorización e inventario vial según las resoluciones vigentes del Ministerio de Transporte con el propósito de usar una herramienta al alcance de todos que permite reducir el tiempo en la recolección de datos y el posprocesamiento de la información, de tal manera que entregue los documentos solicitados siguiendo las especificaciones técnicas requeridas. Después del análisis de la información obtenida, esta cumplió con todos los requisitos solicitados y permite realizar un diagnóstico del estado actual y necesidades futuras de la vía. Por otro lado, se realizó una comparación con otros procesos contractuales relacionados a las actividades acá propuestas evidenciándose una reducción del 50% del tiempo usado en la toma de datos y hasta 5 veces en el componente de posprocesamiento.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico. Director: Miller Humberto Salas Rondón. Ingeniero Civil, PhD.

Abstract

Title: Implementation of a geographic information system in a mobile application for road categorization, prioritization and inventory as an easy-to-use and low-cost technological solution.*

Author(s): Sebastián Blackburn Ortiz**

Key Words: Road infrastructure, tertiary roads, civil engineering, alternative technologies, road characterization, geographic information system.

Description: Road infrastructure is fundamental for the development and growth of the country's regions, as it stimulates the economy and integrates marginal regions. It is known the influence that poor connectivity has on indices such as multidimensional poverty, the high incidence of armed conflict, the detection of illicit crops and coca cultivation, deforestation, rurality and the appearance of illegal mining. This degree project implements in the Transpiedecuesta - La Navarra road a mobile application that integrates the processes of categorization, prioritization and road inventory according to the current resolutions of the Ministry of Transportation with the purpose of using a tool available to everyone that allows the reduction of time in data collection and post-processing of the information, in such a way that it delivers the requested documents following the required technical specifications. After the analysis of the information obtained, it complied with all the requirements requested and allows for a diagnosis of the current status and future needs of the road. Furthermore, a comparison was made with other contractual processes related to the activities proposed here, showing a 50% reduction in the time used in data collection and up to 5 times in the post-processing component.

* Degree Work

** School of Physicomechanics. School of Civil Engineering. Academic program. Director: Miller Humberto Salas Rondón. Civil Engineer, PhD.

Introducción

Las vías terciarias son un tipo de infraestructura que, en conjunto con los distritos de riegos, la electrificación y conectividad, se han identificado como fundamentales para el desarrollo social y de la productividad en la región (Narváez, 2017). Además, se ha concluido que, un buen desarrollo de esta infraestructura mejora la competitividad del campo y está correlacionado con la baja ruralidad, bajos índices de pobreza multidimensional, baja presencia de cultivos ilícitos, baja deforestación y siembra de coca y baja aparición de minería ilegal (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017).

A pesar de su importancia, existen grandes extensiones del territorio nacional que no cuentan con un mínimo de infraestructura de transporte en óptimas condiciones, y esto sumado a que el país presenta un déficit y dispersión de información en su inventario vial hace que no sea posible construir proyectos de calidad y realizar planes para el desarrollo y crecimiento de las regiones (Yepes et al., 2013). Aunque, entidades como el INVIAS, DNP y ANI han determinado que existen 142.284 km de vías terciarias de las cuales más de 100.000 km son responsabilidad de los municipios, 13.959 km de los departamentos y 27.577 km de la nación. Estos datos no cuentan con un soporte de su cálculo y tampoco tienen trazabilidad (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017).

Un óptimo nivel de operación de las vías terciarias ayudaría a cerrar las brechas urbano-rurales permitiendo que el Estado tenga mayor presencia en estas zonas y que pueda garantizar la provisión de servicios básicos, seguridad, educación y salud (Bernal G, 2020).

El desarrollo tecnológico brinda oportunidades de mejora y optimización en la toma de decisiones lo cual conlleva a la reducción de costos y cumplimiento de metas en los tiempos

establecidos. Por esto se hace necesario disponer de las herramientas que brindan los Sistemas de Información Geográficos con las cuales se facilite comunicar y transmitir grandes cantidades de información de una forma organizada para la planeación y la gestión de políticas públicas que vayan encaminadas al mejoramiento del sector rural (Alonso Rojas & Correa Santana, 2021). Por otro lado, que haga más sencillo el proceso de tomar y procesar los datos sin disminuir la precisión requerida para la información; de tal manera que esta se encuentre actualizada, siguiendo los lineamientos de la normatividad vigente y permita a las diferentes Entidades Territoriales reportar la información oportunamente ante el Ministerio de Transporte.

Este trabajo de grado tiene como fin realizar la categorización, priorización e inventario de la vía Transpedecuesta – La Navarra mediante un aplicativo móvil diseñado específicamente para esta actividad verificando en todo momento el cumplimiento de:

- Resolución 411 de 2020 del Ministerio de Transporte: Se adopta la matriz y guía metodológica y se definen los parámetros para categorizar una vía. Adicional a esto, se dan las pautas para el diligenciamiento, el reporte y el conteo vehicular.
- CONPES 3857 de 2016: Se definen los criterios para la priorización de las vías teniendo en cuenta que se busca optimizar los recursos disponibles para la recuperación y rehabilitación de la red vial terciaria.
- Resolución 412 de 2020 del Ministerio de Transporte: Se adopta la Metodología general para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras – Versión 4 donde se da la información técnica y los datos a reportar ante el SINC.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Implementar un sistema de información geográfico en aplicativo móvil que permita la recolección de datos en la vía terciaria “Transpiedecuesta – La Navarra” del municipio de Piedecuesta disminuyendo tiempo y costo sin afectar la calidad de los datos recolectados

1.2 Objetivos Específicos

Categorizar la vía siguiendo los lineamientos propuestos en la matriz y guía de la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

Proponer un puntaje de priorización para la vía de acuerdo con los factores determinados por el CONPES 3857 de 2016.

Recolectar información de la vía que conforma el inventario vial según los requisitos estipulados en la Metodología para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras - Versión 4.

Diagnosticar el estado actual a partir de la información recolectada para proponer alternativas de mantenimiento o reparación; apoyado en el Manual de Mantenimiento de Carreteras INVIAS y los proyectos tipo de Mejoramiento de vías terciarias del DNP.

Contrastar la información del plan de desarrollo municipal con las necesidades futuras detectadas en el diagnóstico de la vía para verificar si los objetivos planteados están alineados con el desarrollo del municipio.

2. Antecedentes

Los primeros caminos en el territorio colombiano fueron construidos por indígenas que tenían la necesidad de movilizarse y con ello transportar recursos (Alonso Rojas & Correa Santana, 2021). Posteriormente, con la llegada de los españoles se priorizaron las vías naturales a lo largo del Río Magdalena y el Río Cauca. Con el paso del tiempo se convirtieron en caminos coloniales que para la época de la Nueva Granada fueron los más importantes y se establecieron como las vías primarias que conocemos actualmente (Osorio Baquero, 2014).

En 1864 inició el transporte urbano por medio de carruajes; no obstante, las vías no estaban debidamente construidas y debido a ello dañaban constantemente las edificaciones aledañas y las cañerías por causa de las cargas que debían soportar. Esta situación llevó a que el 28 de mayo de ese mismo año, Colombia empezara su estructuración y desarrollo vial con una ley que definiría el método por el cual se construirían a partir de ahí las vías carretables (Osorio Baquero, 2014).

Un tiempo después de sentenciada esta ley, a escala mundial se desarrollaban grandes proyectos de vías férreas, por lo cual Colombia decidió cambiar su enfoque e invertir en este tipo de vías que, al final, por la complicada geografía del país se estimó que costaría entre dos y tres veces lo equivalente a construir la misma vía férrea en terreno plano (Alonso Rojas & Correa Santana, 2021). Además, el desarrollo férreo solo cubriría ciertas poblaciones y el uso principal sería para el transporte de carga pesada. Lo anterior llevó a que Colombia abandonara el desarrollo de vías férreas y retomara la idea de desarrollar vías carretables, las que resultarían más económicas y comunicarían más ciudades, lo que se tradujo en desarrollo económico y social para la época (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017).

En la primera mitad del siglo XX, surge una nueva etapa para el desarrollo vial de Colombia que planteó la construcción de nuevas redes de transporte y la mejora de las existentes (Pérez V, 2005). En 1960, con la creación del Fondo Nacional de Caminos Vecinales (FNCV), se organizaron los procesos de construcción y mantenimiento de la infraestructura, lo que trajo consigo la conformación de importantes obras nuevas para la red vial nacional.

A inicios de los años 90 nació la idea de la descentralización administrativa de las vías creándose el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) el cual tendría a cargo un porcentaje de la red vial nacional y el restante sería encargado a los EE.TT. Sin embargo, estos esfuerzos por parte de entidades y Gobierno para lograr un buen desarrollo en la infraestructura vial del país fueron en vano dado que para el año 1997 había un déficit de carreteras sin pavimentar de aproximadamente el 30% de la red total nacional, de las cuales la mayoría estaban ubicadas en las zonas más marginadas de la Nación, es decir, en las zonas rurales (Muñoz Prieto, 2002).

De acuerdo con lo anterior, Colombia ha presentado atrasos en comparación con otros países del mundo. Su origen se encuentra principalmente en la inversión y aunque el país ha mejorado en los últimos años en infraestructura vial, no existe una fuente de información completa que permita conocer los kilómetros de un tramo de vía en específico de esta red terciaria, sus características y su estado (Quiroga Tavera, 2019).

Los estudios y debates que giran en torno al desarrollo de la red vial terciaria indican que a partir de este subdesarrollo surge una gran cantidad de retos. Se tiene una idea de la importancia del desarrollo vial para las comunidades respecto a los factores económicos y sociales, y por ello el enfoque de los planes actuales prioriza especialmente las zonas que más han sufrido el conflicto

armado históricamente. Esto podría determinar un desarrollo importante para el país y ser una pieza fundamental en este acuerdo (Acosta & Alarcón, 2017).

A estos desafíos se suma la lucha contra la corrupción, un fenómeno que ha generado obras incompletas o mal construidas, ha estancado buena parte de la economía nacional y ha impactado negativamente la competitividad laboral y la oportunidad de la ingeniería civil para la participación justa en las obras públicas (Acosta & Alarcón, 2017).

Es por esto que el presente trabajo se enfoca en la implementación de un aplicativo móvil especializado en la recolección de datos que genere una caracterización vial cuyo propósito sea mostrar que es posible usar tecnologías alternativas y de bajo costo que permitan facilitar la implementación de la metodología general para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras – Versión 4 y que con estos datos recolectados se puede realizar un diagnóstico sobre el estado actual y las necesidades futuras de la vía terciaria.

Finalmente, se espera que la aplicación pueda considerarse como una alternativa viable, para que los municipios junto a la academia logren aunar esfuerzos en pro de cerrar las brechas urbano-rurales, que se han ido profundizando, y lograr potenciar las oportunidades del campo colombiano.

3. Marco de Referencia

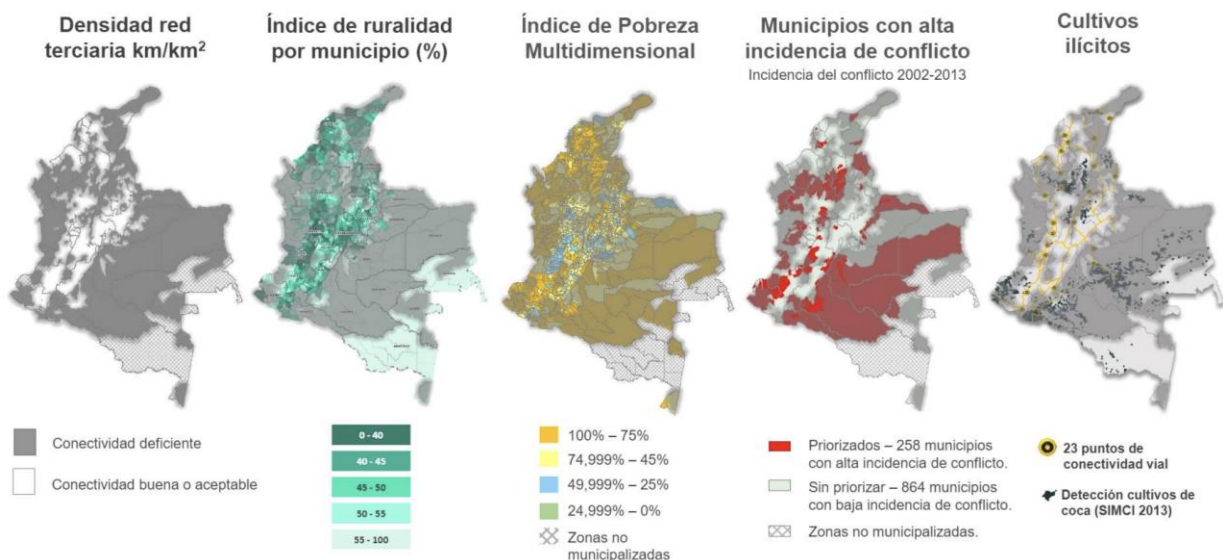
3.1 Marco Teórico

El desarrollo de la infraestructura vial de un país depende de la cantidad de información que se tenga disponible ya que con base en ello se planifica, diseña, construye, mantiene y repara la red vial generando impacto en el orden social, ambiental y económico.

Este impacto se observa con claridad en la presentación de los Lineamientos de Política para la Gestión de la Red Terciaria que realizó el Departamento Nacional de Planeación, figura 1. Allí se hace una importante comparativa entre los índices de ruralidad, pobreza multidimensional e incidencia alta del conflicto armado por municipio, entre otros factores, con la conectividad deficiente de la red terciaria, evidenciándose una relación directa.

Figura 1

Comparación de factores confluente con conectividad deficiente

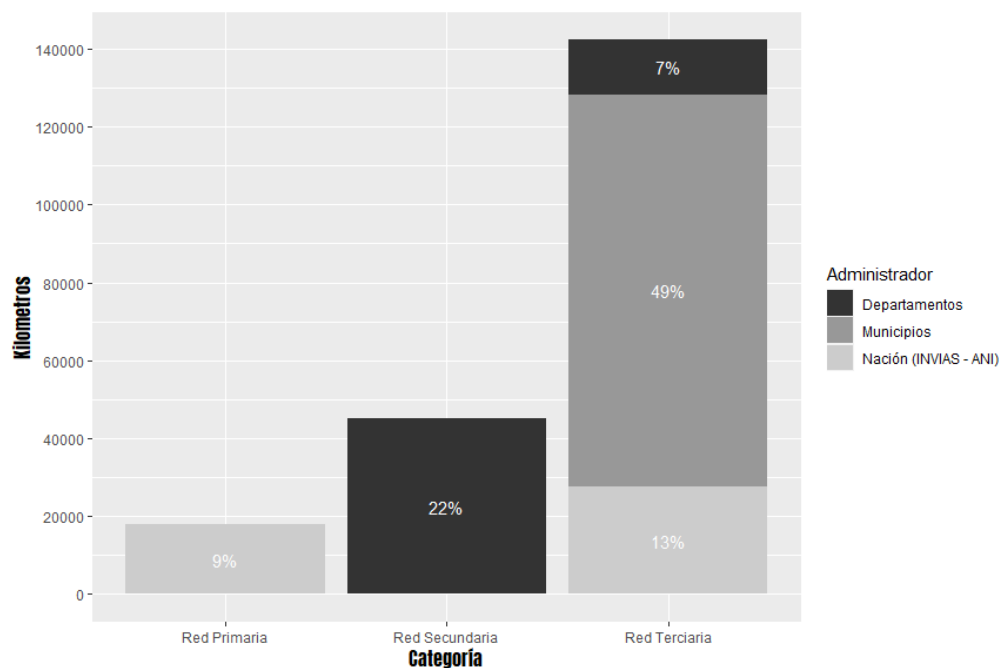


Nota. El primer plano que se presenta sobre la Densidad red terciaria km/km² está sobrepuesto en los otros planos presentados. Tomado de: (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Es decir, si existiese un buen desarrollo de la infraestructura vial en estas zonas con conectividad deficiente se lograría una reducción de todos los factores anteriormente mencionados, impactando principalmente en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de esas regiones. No obstante, el problema es mayor cuando se inspeccionan los datos oficiales de la composición del Sistema Nacional de Carreteras. La red primaria se encuentra a cargo de la Nación; red secundaria a cargo de departamentos; la red terciaria a cargo en su mayoría de los municipios y en menor medida a cargo de la Nación y departamentos. De esta manera, para el año 2020 se encuentra distribuido según su administrador como se muestra en la figura 2:

Figura 2

Composición del Sistema Nacional de Carreteras en el año 2020



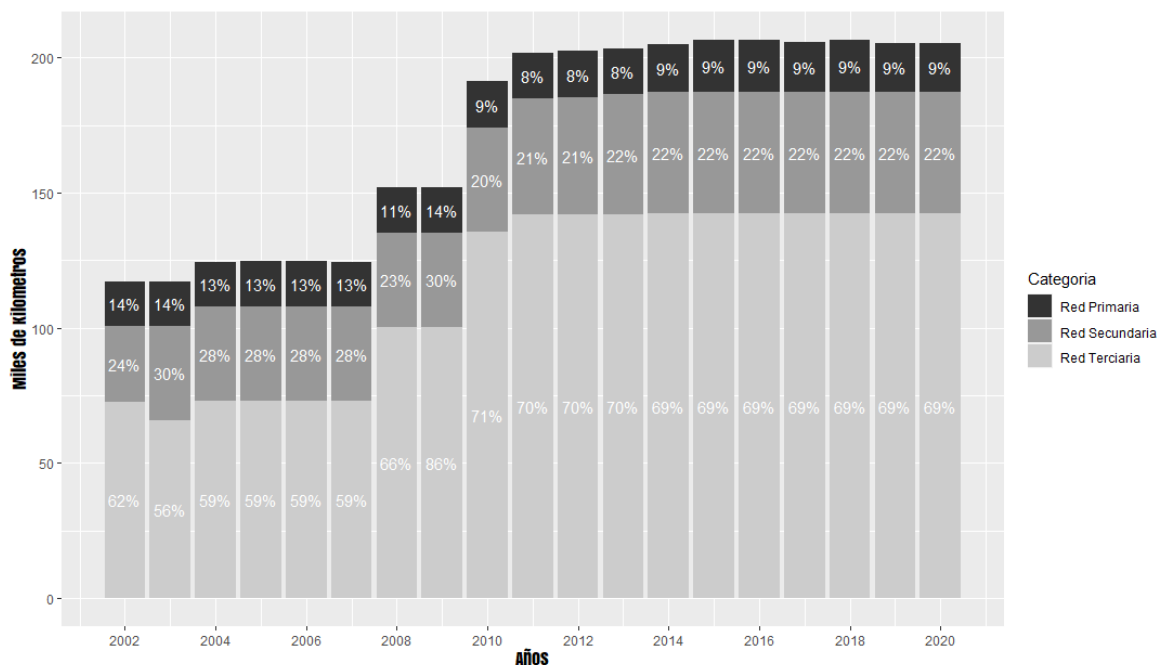
Nota. Para este año el porcentaje de las vías terciarias representan un 69% del sistema vial del país.

Tomado de: (Ministerio de Transporte, 2021)

Ahora en la figura 3, se muestra cómo ha cambiado la composición de la red vial nacional desde 2002 hasta 2020.

Figura 3

Composición del Sistema Nacional de Carreteras desde el año 2002 hasta el 2020



Nota. Desde 2011 la vía terciaria ha contado con 142.284 km. Tomado de: (Ministerio de Transporte, 2021)

A partir de la figura 3, se observa que desde del año 2011 no se presenta variación en los kilómetros de red terciaria; esto ocurre debido a que el inventario presentado corresponde a la información que suministró el INVIAS, producto de la evaluación realizada ese año para la distribución de recursos en el programa Caminos para la Prosperidad, y que a la fecha no ha sido actualizada. Así mismo, tampoco se cuenta con datos actualizados por parte de los departamentos de la red vial secundaria y la información presentada es un estimado de la totalidad de esta red. (Ministerio de Transporte, 2021)

Los datos registrados actualmente por el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras (SINC) indican que de los 142.284 km de vías terciarias hay un avance en el reporte de la información de 23.05%, teniendo presente que ese valor total no cuenta con una trazabilidad ni soporte de su cálculo existiendo discordancias entre entidades (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017). Esto quiere decir que en el mejor de los escenarios se desconoce el 76.95% de la red vial terciaria que corresponde al desconocimiento del 53% de las vías del país.

Todo lo anterior revela la situación actual de la infraestructura vial - y en específico de la red terciaria - que desemboca en proyectos y planes de gestión vial realizados desde el desconocimiento de la realidad en la que gran parte de la población rural vive y esto, junto al escaso compromiso por parte de los EE.TT en la planeación y prevención, da como resultado intervenciones mediocres, de mala calidad, que bajan el impacto de la inversión pública (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017).

Por esta razón, ahora es de vital importancia usar la tecnología alternativa, que está al alcance de cualquier persona, en pro de reducir esta gran brecha, que a lo largo de los años ha ido en aumento afectando con contundencia el campo colombiano, y hacer que permita la celeridad en los procesos relacionados con la toma y procesamiento de datos cumpliendo con toda la normatividad vigente.

3.2 Marco Legal

La infraestructura vial en Colombia ha sido guiada a través de leyes, decretos y procedimientos que buscan el mejoramiento de este importante factor de desarrollo. La ley del 28 de mayo de 1864 se considera como la primera ley que buscaba estructurar el desarrollo de la infraestructura vial del país siendo complementada más tarde por la ley 52 de 1872. Para el año 1905 se expidió una ley por parte del nuevo Gobierno republicano de Colombia y el Ministerio de

Obras Públicas, con el fin de hacer más operativa y eficiente la construcción de caminos, carreteras, ferrocarriles y edificios (Osorio Baquero, 2014). A pesar de los esfuerzos por reglamentar los procedimientos para optimizar y mejorar la infraestructura vial no fue suficiente, pues no había una buena organización y su desarrollo fue lento y muy disperso, lo que condujo a que durante la primera mitad del siglo XX la movilización entre centros urbanos fuera muy difícil (Pérez V, 2005).

En la década de los 60, se crea el Fondo Nacional de Caminos Vecinales (FNCV) cuyo propósito era organizar la infraestructura mediante la coordinación de la construcción, conservación y mejoramiento de los caminos regionales y las vías locales. Esta entidad produjo como resultado significativos avances en la conformación de la red vial nacional, a pesar de que, los manuales y especificaciones de diseño no eran los adecuados para vías con volúmenes de tránsito bajo (Ospina Ovalle, 2016).

Este periodo fue de gran desarrollo de infraestructura vial por parte del FNCV, a tal punto que el crecimiento promedio anual de la red nacional (2.6%) se ubicó por encima del crecimiento del PIB (2.1%) en el mismo período. La importancia de las obras realizadas fue tal que entre 1975 y 1994, el total de la red vial nacional y pavimentada se duplicó, aumentando en cerca de 5.600 km, mientras que las carreteras vecinales y departamentales aumentaron su longitud en 55.000 km. Otras de las mejoras que se lograron fueron en la reducción de las pendientes de las vías, lo que permitió reducir los costos de operación de los transportadores y también la eliminación de paso por algunas poblaciones intermedias lo que permitió reducir el tiempo de operación (Pérez V, 2005).

No obstante, en 1993 se creó el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) con el objetivo de descentralizar la administración de la red vial nacional y la liquidación del FNCV. Esta creación

fue oficializada en la Ley 105 de 1993, que buscaba entregar los derechos de propiedad de la gestión y operación de las vías a los EE.TT. La iniciativa pasó por alto que los EE.TT tuvieran poca capacidad técnica e ingenieril para el trazado de planes viales, soporte técnico para la gestión de proyectos en lo legal, financiero y ambiental, lo que provocó un rezago mayor a escala nacional e internacional (Zaninovich, 2017)

3.2.1 Inventario Vial

En los primeros años del siglo XXI, debido a la gran inversión en infraestructura vial y a las herramientas tecnológicas que iban apareciendo para el momento, se pensó en un Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras (SINC) como un sistema público conformado por toda la información correspondiente a las carreteras a cargo de la Nación, de los departamentos, los municipios y los distritos especiales.

Este sistema fue oficializado por la Ley 1228 de 2008, que junto a otras disposiciones permitirían que las entidades administradoras de redes viales reportaran información para alimentar este sistema. Sin embargo, fue hasta el año 2013 con la resolución 1860 cuando se decretó la metodología general para reportar la información que conforma el SINC - Versión 1. Esta establecía como plazo máximo 18 meses después de entrada en vigor la resolución para que las instituciones públicas responsables de las redes viales entregaran la información.

Sin tener éxito, el 29 de noviembre de 2014 se venció el plazo para que departamentos, municipios y distritos reportaran la información argumentando dificultad para el diligenciamiento de la información. La resolución 1067 de 2015 prorrogó el plazo a 20 de diciembre de 2016 y modificó algunos aspectos de la metodología por lo que expidió su segunda versión. Sin embargo, al llegar esta fecha tampoco se logró la recolección de la información por lo que se aprovecharon

los “Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria” recién salidos del CONPES 3857 de 2016 y se decidió prorrogar nuevamente la entrega de la información hasta el 30 de abril de 2018 con el fin de armonizarlos.

Para el 2018 tan sólo 42 de 1122 municipios reportaron información de las vías terciarias lo que equivale a un 3.7% de los municipios del país. Por tal razón se revisó nuevamente la metodología simplificando las características geográficas y reduciendo a la mitad las capas a reportar para facilitar el levantamiento de la información y de esta manera se expidió la tercera versión en la resolución 1321 de 2018 dando plazo hasta el 31 de diciembre de 2019.

Por solicitud de algunos EE.TT se amplía el plazo al 26 de febrero de 2020 a través de la resolución 6704 de 2019, argumentando dificultades en el levantamiento de la información a pesar de haber disminuido drásticamente la cantidad de datos a recolectar.

Nuevamente con la resolución 412 de 2020 se manifiesta que las diferentes entidades han tenido complicaciones con la recolección de los datos, dada la complejidad de los elementos que exige el Ministerio de Transporte y la ausencia de tecnologías que facilitaran este proceso. Como consecuencia de estos procesos, tan solo el 12% de la red vial terciaria había sido reportada y aprobada ante el SINC. Por lo tanto, se da como nuevo plazo el 30 de Junio de 2022 y es así que con la resolución 40034555 de este año se argumenta que a raíz del Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica los esfuerzos estuvieron volcados a atender dicha emergencia por lo que ahora el plazo será hasta el 24 de diciembre de 2024 dado que este nuevo término contempla la terminación del periodo actual de los alcaldes y gobernadores y da un compás de espera prudencial para que la nueva administración sea capacitada y logre culminar el proceso iniciado. A la salida de esta última resolución se lleva un avance de 23% del total de las vías terciarias del país.

3.2.2 Categorización

Al igual que con el inventario vial, el proceso de categorización de las vías ha sufrido prórrogas debido a la falta de herramientas que faciliten la toma de datos. La categorización inició con la resolución 1240 de 2013 en la cual se definía la matriz con los factores de categorización y una guía que facilitarían dicho proceso, que tendría como plazo límite el de 18 meses después de entrar en vigor la resolución.

En resumen, la nueva resolución que da como plazo máximo el 30 de abril de 2018 es la 1530 de 2017 y en ella también se expide la matriz y la guía de categorización. Una vez llegada esta fecha se expide la resolución 1322 de 2018 que prorroga el plazo hasta el 31 de diciembre de 2019 y nuevamente el plazo es extendido hasta el 26 de febrero de 2020 mediante la resolución 6704 de 2019. La resolución 411 de 2020 confiere plazo hasta el 30 de junio de 2022 dando un avance en la categorización de la red vial de los municipios de un 5%. Y al igual que con el inventario vial, la resolución 40034555 de 2022 otorga plazo hasta el 24 de diciembre de 2024 para el reporte de la categorización de las vías a cargo de los EE.TT.

4. Estado del Arte

El desarrollo de la infraestructura vial terciaria del país tiene que enfrentarse a grandes desafíos para lograr consolidarse como una red funcional, que brinda adecuados niveles de servicio bajo unas condiciones de seguridad y confort sostenibles en el tiempo.

Tabla 1

Kilómetros de la red vial terciaria por Departamento según Leónidas Narváez

Departamento	Red Vial Terciaria [km]	Red Vial Terciaria Inventariada [km]	Avance Inventario (%)
Amazonas	130.9	0	0.0
Antioquia	12805.6	148	1.2
Arauca	775.0	71	9.2
Atlántico	1280.6	8	0.6
Bolívar	6402.8	0	0.0
Boyacá	14513.0	5120	35.3
Caldas	2845.7	19	0.7
Caquetá	5264.5	5	0.1
Casanare	4126.2	2906	70.4
Cauca	7398.8	5451	73.7
Cesar	2134.3	35	1.6
Chocó	853.7	0	0.0
Córdoba	7114.2	551	7.7
Cundinamarca	13374.7	1007	7.5
Guainía	14.3	0	0.0
Guaviare	569.1	0	0.0
Huila	8537.0	278	3.3
La Guajira	2276.5	52	2.3
Magdalena	4837.7	37	0.8
Meta	5122.2	1028	20.1
Nariño	5549.1	341	6.1
Norte de Santander	4126.2	4779	115.8
Putumayo	1050.1	0	0.0
Quindío	1565.1	0	0.0
Risaralda	2134.3	0	0.0
San Andrés y Providencia	33.2	0	0.0
Santander	8110.2	2134	26.3
Sucre	2988.0	12	0.4
Tolima	9817.6	2081	21.2
Valle del Cauca	4837.7	6733	139.2
Vaupés	142.3	0	0.0
Vichada	1553.7	0	0.0
TOTAL	142284.3	32796	23.0

Nota. La cantidad de kilómetros estimada por el INVIAS junto a el número de kilómetros presentes en el inventario del SINC. Adaptado de: (Acosta Ariza & Alarcón Romero, 2017)

El primer gran desafío, enfoque de este proyecto, es la falta de información sistematizada e inventarios viales de la red terciaria dificultan la priorización de recursos para la intervención de la red (Murillo, 2017). Han transcurrido 9 años desde que se expidió la primera versión de la

Metodología para Reportar Información hasta la última fecha de vencimiento y solo hay un avance del 23%. Esto sin contar que, como muestra la tabla 1, hay departamentos que ya inventariaron más de lo estimado, por lo cual es probable que el avance sea menor.

En este punto, es necesario recalcar que esta información se ha recolectado de manera manual con equipo que si bien realiza un excelente trabajo en cuanto a precisión requiere más tiempo y personal para la toma de información y posprocesamiento lo que conlleva a mayor costo por kilómetro de inventario, sin embargo, no hay políticas que flexibilice o incentive el uso de alternativas tecnológicas más económicas que brinden los mismos resultados.

Una vez se reconozcan los sectores críticos de cada una de las vías y se realice su respectiva priorización el siguiente reto al que debe enfrentarse es la caracterización de estos suelos pues la resistencia es una de las variables más importantes que condiciona el diseño de la estructura de pavimento para este pueda soportar las cargas inducidas por el tránsito. Por esto es fundamental contar con información de calidad, hacer inversiones en exploración previa, en lugar de subsanar con excesivos costos en rehabilitación (Murillo, 2017).

Los siguientes desafíos tienen relación a la capacidad técnica en los Entes Territoriales en donde en caso de contar con personal capacitado en ingeniería se encuentra realizando labores administrativas. La capacitación de la mano de obra no calificada es otro de los desafíos pues dentro de los proyectos estará el componente social, en el cual la comunidad interviene apoyando no solo las actividades de construcción sino también las de mantenimiento, generando apropiación del patrimonio y del conocimiento (Murillo, 2017).

Por último, se encuentra la innovación en el uso de materiales alternativos teniendo en cuenta que gran parte de la red terciaria está ubicada en zonas con un alto potencial ecosistémico y los métodos constructivos tradicionales que emplean capas de materiales pétreos, generan

enormes costos ambientales irreparables. Es por esto que los métodos tradicionales de construcción deben reevaluarse, y es necesario estudiar nuevas alternativas que permitan una optimización económica, garantizando la calidad técnica y la factibilidad constructiva (Murillo, 2017).

5. Metodología

Este proyecto de grado inició con la búsqueda de un Sistema de Información Geográfico en aplicativo móvil que permitiera reducir el tiempo en la toma de datos y el posproceso. Se realizaron pruebas con distintos Sistemas de Información Geográfico en donde quedó en evidencia que algunos procesos en la recolección de datos pueden automatizarse permitiendo ahorrar tiempo en el diligenciamiento de los formularios de cada capa solicitada por el Ministerio de Transporte de tal manera que esta información recolectada quede digitalizada y georreferenciada. La herramienta implementada en este proyecto de grado es Mappy, dado que está especializada en la toma de datos de la categorización, priorización e inventario vial cumpliendo con los requerimientos técnicos propuestos en la resolución vigente. Esta aplicación móvil es desarrollada por la Constructora Civil Andina y en este trabajo de grado se implementa con el objetivo de verificar la viabilidad en el uso de herramientas tecnológicas alternativas de fácil uso y bajo costo para la recolección de la información requerida por el Ministerio de Transporte.

La aplicación cuenta con las siguientes características técnicas que la hacen completamente idónea para este trabajo.

- Información de capas precargada: La aplicación cuenta con la información precargada en cada capa requerida por el Ministerio de Transporte de Colombia. Este proceso ahorra tiempo ya que no se requiere generar dichos formatos cada vez que se inicia un inventario vial.
- Precisión: La aplicación restringe la toma de coordenadas cuando la precisión es superior a 5.0 metros, lo cual asegura que se dé cumplimiento a uno de los requisitos del Ministerio de Transporte de Colombia.

- Trabajo fuera de línea: La información se almacena localmente en el dispositivo, lo que permite que esta herramienta pueda ser usada en los lugares más apartados de Colombia. Cuando se detecta conexión a internet, la aplicación de forma automática inicia la carga de la información a la nube para que esta pueda ser consultada inmediatamente.
- Formatos y Sistemas de Referencia: El aplicativo móvil genera las nueve capas solicitadas por el Ministerio de Transporte en formato *shapefile* y el grupo de archivos que lo conforman para su correcto funcionamiento. El sistema de referencia que maneja es el MAGNA-SIRGAS (EPSG:4686), requerido por normatividad para reportar la información.

Una vez definida la aplicación móvil se procedió a realizar una lista de actividades que permitiera el desarrollo de la implementación lo más cercano a un proceso de consultoría según los requisitos de contratación pública (Ley 80/1999 y Ley 1150/2007). Las principales actividades relacionadas con el inventario, categorización y priorización que se pueden aplicar a este proyecto según el Departamento Nacional de Planeación se listan a continuación:

- Elaboración de un Plan de Trabajo: Análisis de la información disponible como mapas del sitio, análisis de rendimientos, diseño del proceso en campo. Para esta actividad se sugiere la realización de un piloto para fomentar el desarrollo del proyecto y generar mayor impacto en el territorio.
- Levantamiento de la información de la red vial nacional: Diagnóstico de las vías existentes, levantamientos técnicos de las características físicas de la vía y sus obras anexas. Diseño y validación del proceso del levantamiento de la vía y de las obras anexas. Categorización

de las vías de competencia de la entidad territorial de acuerdo con la metodología establecida por el Ministerio de Transporte.

- Almacenamiento de los datos levantados: Diseño de plan de procesamiento. Diagrama de flujo. Designación de almacenamiento físico y virtual.
- Procesamiento de la información: Establecimiento del procedimiento para la recepción, procesamiento, análisis, control y reporte de avance (informes).
- Reporte de la información final: Inventarios: La información levantada y validada deberá ser avalada por el Ministerio de Transporte previo al cargue al Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras (SINC). Categorización: Diligenciar la matriz de acuerdo con la Guía Metodológica para la categorización de las vías de la red vial nacional de acuerdo con la normatividad vigente establecida por el Ministerio de Transporte y remitir la información con todos sus soportes al Ministerio de Transporte para su revisión.

Por ello, la metodología se organizó de la siguiente manera según el plan realizado:

5.1 Categorización y Priorización de una vía

El primer paso en el aplicativo móvil fue la creación del proyecto, se solicita información acerca del nombre de este, descripción, fecha de vencimiento, presupuesto y colaboradores. El proceso de categorización está integrado en una de las pestañas del proyecto en el aplicativo Mappy y usa los formatos que se encuentran en la resolución 411 de 2020 del Ministerio de Transporte; no obstante, antes de iniciar el proceso de categorización debemos tener plenamente identificada la vía.

La identificación de la vía conlleva las siguientes tareas:

- Datos Generales: Son informaciones tales como nombre de la carretera, municipio y departamento.
- Descripción de la vía: Debe indicarse brevemente cuál es la finalidad de la vía (transporte de pasajeros, carga, turismo, etc.), longitud en kilómetros y ancho de la calzada en metros.
- Utilización de la carretera: Esto se expresará en vehículos por día (TPD); para ello se debe realizar una observación del tránsito existente. La recomendación es: si se estima un número de vehículos mayor a 50 se debe realizar el conteo y el tamaño de la muestra de conteo será mínimo de tres (3) días de la semana, dentro de los cuales se debe incluir el día de mayor y menor demanda de tráfico vehicular.
- Población: La cantidad de habitantes debe ser la registrada para la cabecera municipal, o la vereda o corregimiento correspondiente, tomando la información del DANE en sus censos o en sus proyecciones para el año en que se va a realizar la categorización.

Una vez se ha recolectado la información, se ingresa al módulo de categorización del aplicativo Mappy y se llena la información solicitada. Al final de este proceso el aplicativo móvil entrega un Excel con el respectivo puntaje en el formato autorizado para la entrega de la categorización al Ministerio de Transporte.

De manera similar, la asignación de puntajes para la priorización esta guiada por los factores definidos en el CONPES 3857. Los factores de la tabla 2 son especialmente para la priorización de vías terciarias de un municipio o región.

Tabla 2

Asignación de puntajes para la priorización de vías terciarias.

		Criterios	Parámetros	Puntaje
Espacial (40 puntos)	Conectividad (30 puntos)	Vereda o vía terciaria (30 puntos)	Centro poblado	30
			Centro de acopio o punto de intercambio modal	25
			Otra vereda o vía terciaria	20
			Vía nacional	20
			Secundaria	15
			Otras	10
	Acceso (10 puntos)	Estado de las vías de acceso a la vía terciaria en análisis (10 puntos)	Bueno	10
			Regular	8
			Malo	5
	Infraestructura y logística rural (5 puntos)	Áreas sembradas (cultivos lícitos) (5 puntos)	Más de 20 ha a máximo 15 min de la vía	5
Entre 3 y 20 ha a máximo 15 min de la vía			3	
Menos de 3 ha a máximo 15 min de la vía			2	
Económica (25 puntos)	Cadenas productivas (20 puntos)	Conexión productos que son bienes finales o insumos de otros bienes finales priorizados en el marco de la política de desarrollo productivo (15 puntos)	Priorizados en el marco de la política de desarrollo productivo	5
			Priorizados por Ministerio de Comercio, Industria y Turismo como vías de acceso turístico	5
			Priorizados por Ministerio de Minas y Energía como vías de desarrollo minero	5
			No priorizados en el marco de la política de desarrollo productivo	0
			Áreas de agricultura familiar (Colombia Siembra) (5 puntos)	Priorizadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
	No priorizadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	0		
Social (35 puntos)	Población (10 puntos)	Concentrada (5 puntos)	Más de 5 viviendas/km	10
			Dispersa (5 puntos)	Menos de 5 viviendas/km
	Acceso dotacional (10 puntos)	Conexión centros sociales o culturales		10
				10
	Sustitución cultivos (15 puntos)	Promueve la sustitución de cultivos	15	

Nota. Se priorizarán tramos viales que coadyuven en la sustitución de cultivos ilícitos para apoyar al Plan Integral de Lucha contra el Narcotráfico. Tomado de:

En el momento en que se cuente con la información necesaria para llenar la priorización también facilitará el trabajo, pues con tan solo ingresarla arrojará un puntaje. Es necesario aclarar que este puntaje no tendrá sentido hasta que todas las vías estén priorizadas dado que la metodología desarrollada por el CONPES 3857 dice que todas aquellas vías del municipio con un puntaje igual o superior al percentil 67 serán de alta prioridad. De igual manera aquellas que estén debajo del percentil 33 serán de baja prioridad y, por último, aquellas que estén entre 33 y 67 serán de prioridad media.

5.2 Recolección de la información del Inventario Vial

Una vez finalizado el proceso de categorización de la vía se procede a la recolección de información del inventario vial. Los formularios para la recolección de información son los que se

presentan en la resolución 412 de 2020 del Ministerio de Transporte. Esta información queda digitalizada y georreferenciada lo cual se traduce en la optimización del tiempo de digitalización de la información en el posproceso.

Tabla 3

Capas Geográficas a Reportar ante el SINC.

Elemento	Nombre SHP	Tipo de Geometría
Ejes de las vías	EJES	Polilínea
Foto de las vías	FOTOEJE	Punto
Puntos de referencia lineal	PRS	Punto
Propiedades	PROPIEDADES	Polilínea
Puentes	PUNTES	Punto
Muros	MUROS	Punto
Túneles	TUNELES	Punto
Sitios críticos de inestabilidad	SITIOSCRITICOS	Punto
Obras de drenaje	OBRASDRENAJE	Punto

Nota. Todas las capas geográficas deben ser reportadas y de ben tener los nombres idénticos a los expuestos (cumpliendo con las mayúsculas y sin espacios ni caracteres especiales). Tomado de:

Los formularios presentes en la tabla 3, son la representación de las nueve capas solicitadas por el Ministerio de Transporte dentro de la Metodología para reportar la Información ante el SINC.

Las capas presentan algunos requerimientos especiales que fueron tomados de la Resolución 412 de 2020 y se señalan a continuación:

- Ejes: Los registros de la capa EJES deben ser digitalizados en el sentido de la vía. Esto quiere decir que la información interna de los puntos de forma de cada registro debe tener un orden que coincida con la orientación de la vía. Dicha orientación corresponde al sentido

operacional de circulación de los vehículos: para vías de calzada sencilla en doble sentido el orden de los puntos de forma debe coincidir con la orientación según su inicio y final.

- PRS: Se almacena información de puntos de referencia de puntos que están definidos en intervalos de aproximadamente 1 km. En los casos en que no haya puntos previamente definidos, éstos se deberán establecer de manera uniforme cada 1 km exacto desde el inicio de la vía.
- Propiedades: La capa Propiedades debe ser idéntica en geometría a la capa Ejes y cada registro asociado debe dividirse en registros que representen segmentos con los mismos atributos. Esto quiere decir que cada dato de cada campo debe representar las condiciones del segmento de vía asociado al registro.

Adicional a esto, es importante iniciar esta etapa con un recorrido a la vía para reconocer el sitio y hacer pruebas de toma de datos en él. Una vez se reconoce el lugar se planifica el trabajo en campo y se distribuyen tareas para la implementación del aplicativo para la recolección de la información requerida según la normatividad vigente.

5.3 Verificación y Tratamiento de Datos

En este proceso de verificación se evalúa el cumplimiento de cada uno de los criterios técnicos y requerimientos especiales de las capas con el fin de asegurar un buen levantamiento de la información.

Una vez se pueda garantizar que la información cumple con la normatividad vigente se procede a generar el mapa de calor con los Sitios Críticos en el aplicativo móvil para realizar su análisis y proponer las alternativas a que haya lugar.

5.4 Resultados y Alternativas de Solución

Con base en toda la información anterior se buscan alternativas de solución en el Manual de Mantenimiento de Carreteras INVIAS y los proyectos tipo de mejoramiento de vías terciarias del DNP, buscando optimizar los recursos mediante el análisis sectorizado de los sitios críticos encontrados.

6. Proyecto Vía Transpiedecuesta – La Navarra

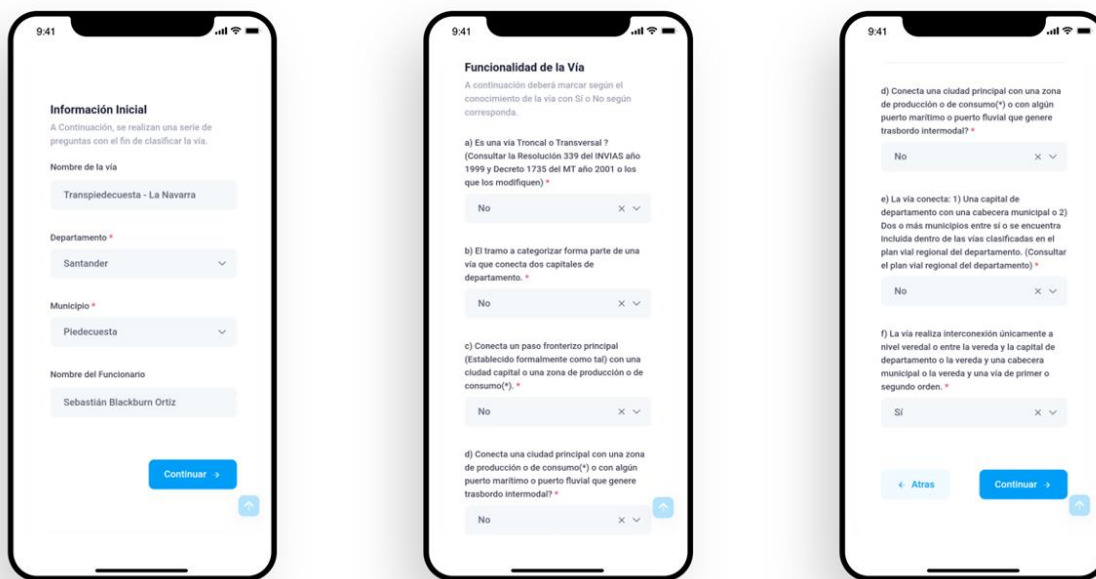
Siguiendo la metodología planteada se logró implementar la aplicación en cada una de sus fases llegando a los siguientes resultados:

6.1 Categorización y Priorización de una vía

La categorización se realizó satisfactoriamente mediante el ingreso de la información a la aplicación de manera intuitiva como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Ingreso de Información de Categorización al Aplicativo Mappy.



Nota. Se ingresaron de igual manera los factores de Población, Diseño Geométrico y Tránsito Promedio. No se requirió conteo pues según las observaciones su TPD fue menor a 50.

Este proceso finaliza con la generación del archivo Excel, la figura 5 es una imagen del apéndice A, donde se confirma que por sus características funcionales, población, diseño geométrico y TPD es una vía terciaria.

Figura 5

Matriz de Resultado de Categorización Vial.

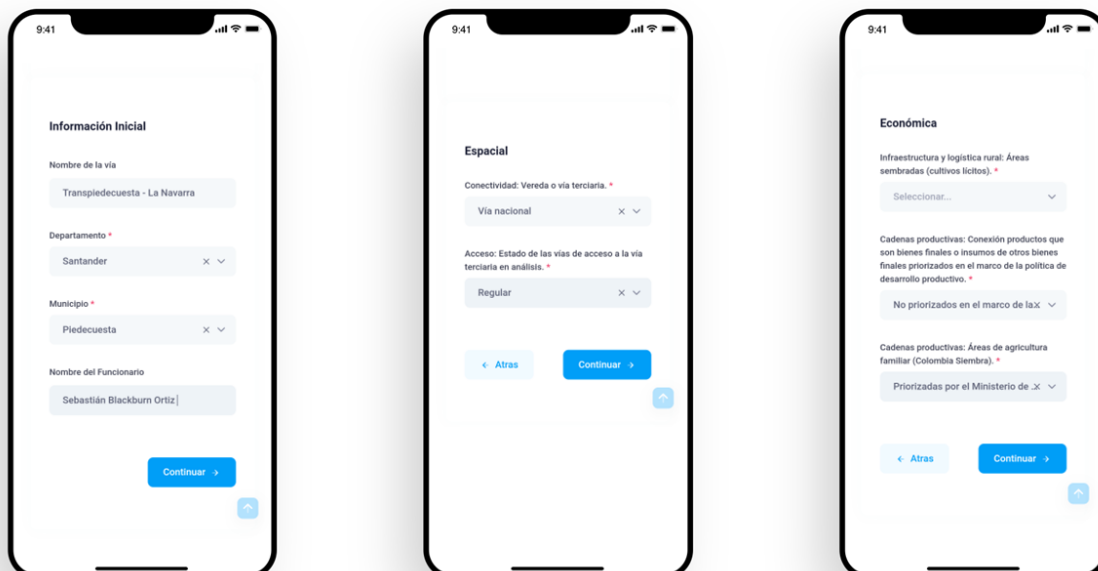
ANEXO DE RESULTADOS DE CATEGORIZACIÓN																						
ID	NOMBRE DE LA VÍA	DEPARTAMENTO DONDE SE LOCALIZA LA VÍA	MUNICIPIO	FECHA DE CLASIFICACIÓN (DD/MM/AAAA)	NOMBRE DEL FUNCIONARIO	FUNCIONALIDAD			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			DISEÑO GEOMÉTRICO			POBLACIÓN			PUNTAJE		CLASIFICACIÓN		
						VÍA DE PRIMER ORDEN	VÍA DE SEGUNDO ORDEN	VÍA DE TERCER ORDEN	VÍA DE PRIMER ORDEN	VÍA DE SEGUNDO ORDEN	VÍA DE TERCER ORDEN	VÍA DE PRIMER ORDEN	VÍA DE SEGUNDO ORDEN	VÍA DE TERCER ORDEN	VÍA DE PRIMER ORDEN	VÍA DE SEGUNDO ORDEN	VÍA DE TERCER ORDEN	VÍA DE PRIMER ORDEN	VÍA DE SEGUNDO ORDEN		VÍA DE TERCER ORDEN	MÁXIMO
1	Transpedecuesta - La Navarra	Santander	Piedecuesta	09-08-2022	Sebastián Blackburn Ortiz			40			20			20		20		0	20	80	80	VÍA DE TERCER ORDEN
2																						

Nota. Esta imagen hace parte de la base de datos que maneja el Excel propuesto por el Ministerio de Transporte para la Categorización de las vías.

Por otro lado, para el proceso de priorización se tuvo en cuenta que esta vía conecta con una vía nacional y el estado del acceso es regular.

Figura 6

Ingreso de Información de la Matriz de Resultado de Categorización Vial al aplicativo Mappy.



La cadena productiva que se mueve por esta vía principalmente es de origen avícola, aunque también se encontraron fincas cuyos procesos productivos están relacionados con el café. No se encontraron procesos de sustitución de cultivos ilícitos y en promedio se encontraron más de 5 viviendas/km. Con base en esto, se realizó el ingreso de la información como se muestra en la figura 6, dando como resultado un puntaje de 43.

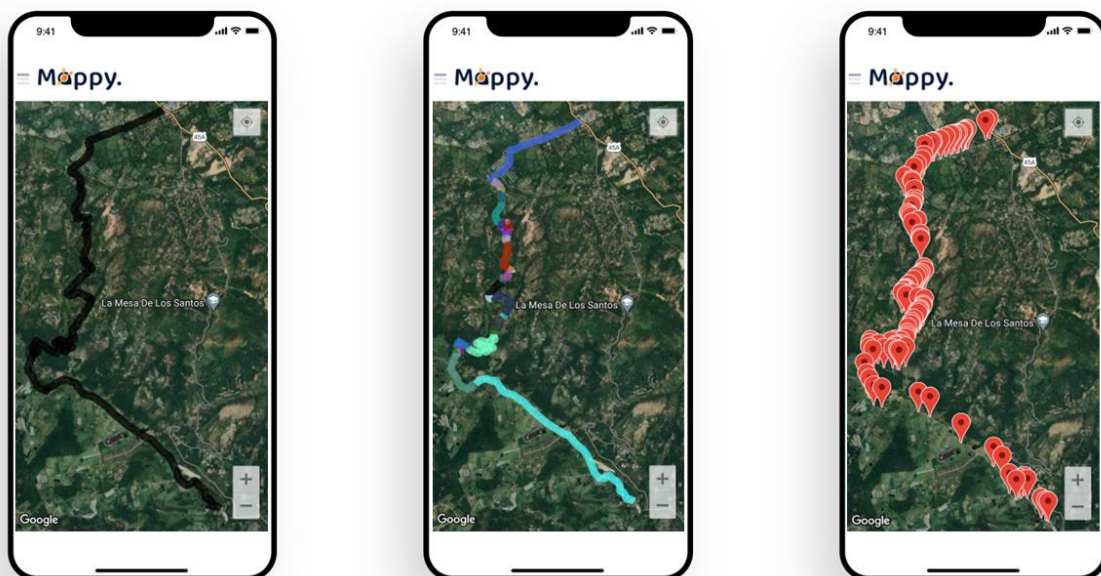
Sin embargo, como se mencionó anteriormente, ese puntaje por sí solo no significa nada, pues la priorización se realiza analizando los puntajes de todas las vías del municipio por percentiles.

6.2 Recolección de la información del Inventario Vial

El proceso de recolección comenzó con la obtención del eje de la vía con su respectiva segmentación por propiedades y sitios críticos. Esto se ve plasmado en la figura 7.

Figura 7

Capas recolectadas de Eje, Propiedades y Sitios Críticos.

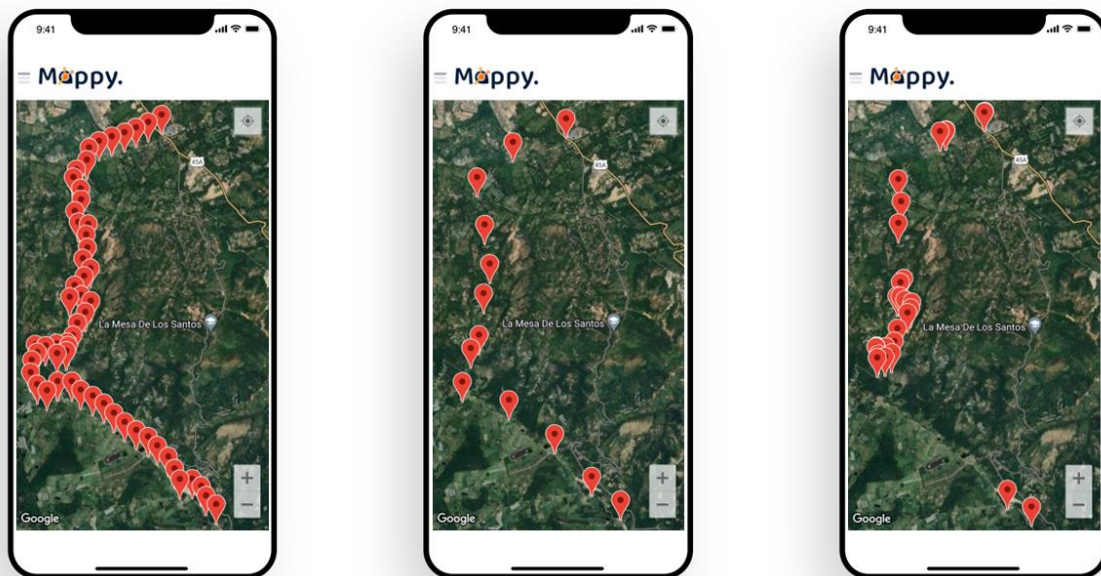


En cuanto al eje tiene una longitud de 11.019m, una única calzada en doble sentido. Las propiedades tuvieron 28 registros que según su tipo de superficie se clasificaron en 5 destapados, 11 afirmados y 13 placa huellas con una longitud de 2343m, 7175m y 1501m respectivamente caracterizándose por su estado regular a nivel general en un 60.7%. Se encontraron 99 sitios críticos que clasificados por su severidad se tienen: 11 daños no significativos, 4 daños pequeños con reparación no necesaria, 43 daños pequeños con reparación necesaria y 41 daños graves de reparación urgente.

Por otro lado, se realizó el registro fotográfico del eje cada 200m, logrando 56 fotografías. Se llevó a cabo el registro de los 13 puntos de referencia (prs) cada kilómetro contando el inicio y se llevó un registro de las obras de drenaje que en su mayoría fueron alcantarillas y cruces de cuerpo de agua superficial. Esta información está presente en la figura 8.

Figura 8

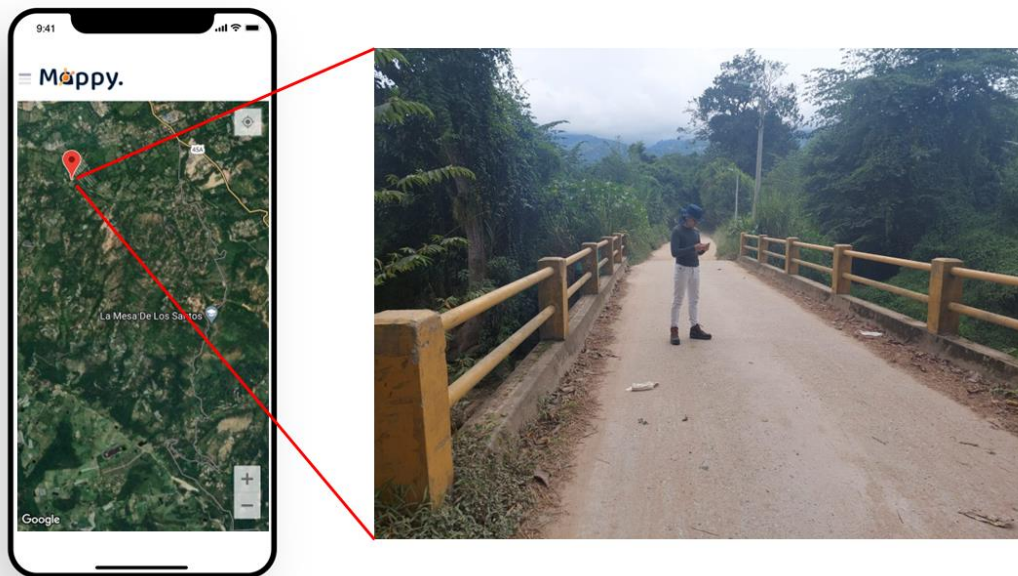
Capas recolectadas de Fotoeje, PRS y Obras de Drenaje.



Por último, sólo se encontró un registro para la capa puentes. El pontón se encuentra en buen estado, con ancho de 4m y longitud de 18m presente en la figura 9.

Figura 9

Capa recolectada de Puentes.



No se evidenciaron túneles ni muros, por lo tanto, aunque las capas deben existir para reportar la información al SINC, estas no tienen registros. De esta manera se culminó la toma de datos por medio del aplicativo móvil y se procede a realizar el trabajo de verificación y análisis de la información en oficina. Todas las capas solicitadas en la resolución vigente se encuentran en el apéndice B.

6.3 Verificación y Tratamiento de Datos

La primera verificación que se realiza es la precisión del levantamiento, aun cuando la aplicación esté bloqueada para recibir datos con precisiones mayores a 5m. Para ello se obtuvo valores entre 0.9m y 4.7m teniendo una media de precisión de 2.7m.

La siguiente verificación es cuando se exportan las capas que estén en el formato *shapefile* y que contenga los archivos que conforman este formato que son (shp, shx, prj y dbf). En seguida se procede a abrir estos archivos en un software compatible y se revisa que tenga el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS (EPSG: 4686).

Posterior a esto, la capa del eje debe ser idéntica a la capa de propiedades. Al realizarse directamente desde la capa de ejes, la herramienta detecta los conjuntos de puntos y realiza la respectiva segmentación de las propiedades para luego llenar la información que requiere esta última capa.

Por último, se revisa que todos los campos estén debidamente diligenciados con sus respectivas unidades. Toda la información está con el formato y sistema de referencia debido según la resolución, por lo tanto, se procede a realizar la evaluación y análisis de resultados.

6.4 Resultados y Alternativas de Solución

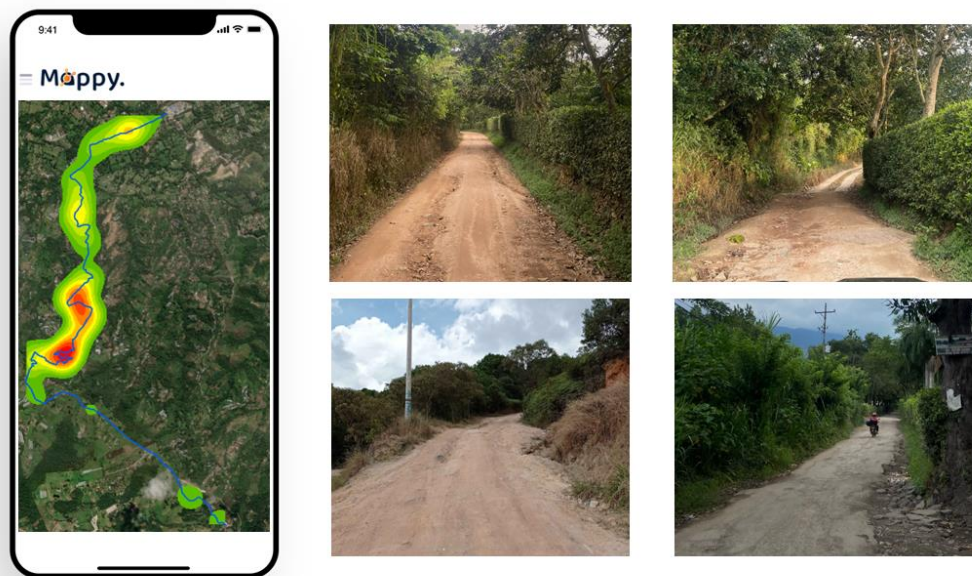
El análisis empezó con la generación de un mapa de calor con los datos presentes en la capa de los sitios críticos categorizados por su severidad.

Como se ve en la figura 10, se encuentran 3 sectores críticos con algunos daños críticos relacionados. Se identificó que el sector más crítico tiene una longitud de 2.176m de los cuales 188m son en placa huella. Además de esto se identificaron en este mismo sector 11 cruces de cuerpo de agua superficial así que el primer indicio que brinda el inventario vial es que los daños de este sector están relacionados a la falta de obras de drenaje que permitan el correcto flujo del agua. Sin embargo, al revisar las pendientes de ese sector también se encuentra que tiene una inclinación promedio de 11.7% y esto agregado a la falta de drenaje de la vía puede derivar en daños de ahuellamiento, corrugación, pérdida de la banca y baches.

Siguiendo los proyectos tipo del Departamento Nacional de Planeación se propone una alternativa de posible solución para el tramo crítico analizado; no obstante, esta recomendación está sujeta a lo arrojado en los estudios topográficos, de suelos, hidrológicos e hidráulicos mencionados en dicho documento.

Figura 10

Mapa de Calor del Eje de Sitios Críticos categorizados por severidad.



El mejoramiento de la capacidad estructural del material existente sobre un proyecto de vía terciaria se puede lograr mediante diferentes tipos de soluciones de estabilización, por medio de la adición y el mezclado de algún aditivo externo dentro de su composición para alterar directamente las propiedades químicas y que su desempeño mecánico, su comportamiento frente a la acción del agua y su durabilidad alcancen como mínimo valores aceptables para que el suelo estabilizado pueda soportar las condiciones de carga a los cuales estará sometido por la acción del tránsito estimado (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

El Departamento Nacional de Planeación dentro de sus Proyectos Tipo para el Mejoramiento en Vías Terciarias - 2021 plantea 9 alternativas de solución que cuentan con especificaciones y normatividad técnica aprobada por el INVIAS. Estas soluciones cuentan con dos componentes: el estructural, enfocado en mejorar el soporte de las cargas relacionadas con el tránsito y las condiciones climáticas, y las funcionales, que se enfocan en mejorar las condiciones de transitabilidad para garantizar un paso confortable y seguro para todo tipo de vehículo.

Dada la inclinación, tipo de terreno y el costo, se recomienda la alternativa 2, que nos brinda como solución estructural la estabilización del suelo con cemento y una solución funcional que es el tratamiento superficial doble. Esto debido a que el cemento mezclado con el suelo desarrolla una red de enlaces que proporcionan a la mezcla mayor capacidad portante y mejor respuesta al contacto con el agua. Además, esta técnica es una de las más difundidas y sobre las que más existe experiencia debido al notable incremento en la resistencia mecánica. La aplicación de los tratamientos superficiales simples consiste en la aplicación de un ligante bituminoso sobre una superficie seguido de la extensión y compactación de una capa de árido. (Departamento Nacional de Planeación, 2021)

Por otro lado, se hace necesario la construcción de obras de drenaje para el manejo de la escorrentía superficial sobre la capa de rodadura. Estos deben ser ubicados en cada uno de los extremos laterales implementando los detalles tipos de sección Berma-Cuneta de la cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales.

Finalmente, se hizo una revisión al Plan de Desarrollo Municipal con el fin de verificar si los objetivos planteados por la alcaldía están alineados con el desarrollo de la red vial terciaria del municipio. No obstante, esta revisión fue hecha con base en el documento y no en la real ejecución que ha desarrollado la actual administración, pues es información con la que no se cuenta

Según este Plan de Desarrollo, en Piedecuesta existen 484.47 km de vías terciarias; sin embargo, en el SINC sólo hay cargados 32 km con sus respectivas capas. Adicional a esto, según los datos presentados en la tabla 3, un 56.6% de las vías terciarias se encuentran en estado regular y malo. Se da a entender en el documento que esto se debe a la variabilidad climática, a la presencia de suelos inestables, debido a que no se realizan estudios previos, erosiones y deslizamiento de terreno por falta de vegetación y el flujo constante de vehículos de carga influyen en el deterioro; además, estas obras en su mayoría se hacen con mano de obra de la comunidad por lo que hay falta de tecnicismo al momento de realizar las vías rurales, lo que afecta el resultado final, disminuyendo la vida útil de las mismas (Carvajal Jaimes, 2020).

Tabla 4

Inventario de Vías rurales y terciarias.

Estado	Longitud Total m	% Longitud Total
Muy Bueno	40977	8.5
Bueno	169293	34.9
Regular	200598	41.4
Malo	73606	15.2
Total	484474	100.0

Dentro de los objetivos planteados se encuentra: Proveer la infraestructura de transporte de la red vial secundaria y terciaria, para contribuir a la conectividad en el municipio de Piedecuesta, realizando construcción, mejoramiento, mantenimiento, rehabilitación y operación de estas (Carvajal Jaimes, 2020). Lo cual se desglosa en 5 metas que se desarrollarán durante el cuatrienio:

- Construir 5 km de vías en el municipio.
- Realizar mejoramiento y/o rehabilitación a 5 km de vías municipales.

- Realizar el mantenimiento rutinario y/o periódico y/o atención de contingencias a 500 km de vías municipales.
- Fortalecimiento al banco de maquinaria del municipio.
- Desarrollo de proyectos de alto impacto o estratégicos para el mejoramiento de la movilidad en el municipio de Piedecuesta.

Se observa que no hay metas relacionadas con la realización o cargue del inventario vial, que es fundamental para realizar cualquier mejoramiento, rehabilitación o mantenimiento, pues con ello se podrían priorizar los tramos críticos y tendría más impacto la inversión pública. Por otro lado, sólo en una vía de 11 km se necesitan 2 km de mejoramiento / rehabilitación por lo que la meta planteada de 5 km es realmente muy baja para las necesidades que podría estar presentando esta red vial en el municipio.

7. Conclusiones

Una vez implementada la aplicación en los procesos de categorizar, priorizar e inventariar la vía, se pudo validar que su uso facilitó la toma de la información logrando culminar los tres procesos en tres días. Esta disminución es debida a que la aplicación cuenta con todos los formularios preestablecidos para cada uno de los proyectos y desde allí cada uno de los datos quedará georreferenciado con su respectiva información eliminando el proceso de digitalización en oficina. Por otro lado, es posible concluir que con base en la información recolectada se puede realizar todo el diagnóstico del estado actual de la vía y determinar los sectores más críticos con la seguridad de que estos datos contarán con una precisión menor a la establecida por el Ministerio de Transporte.

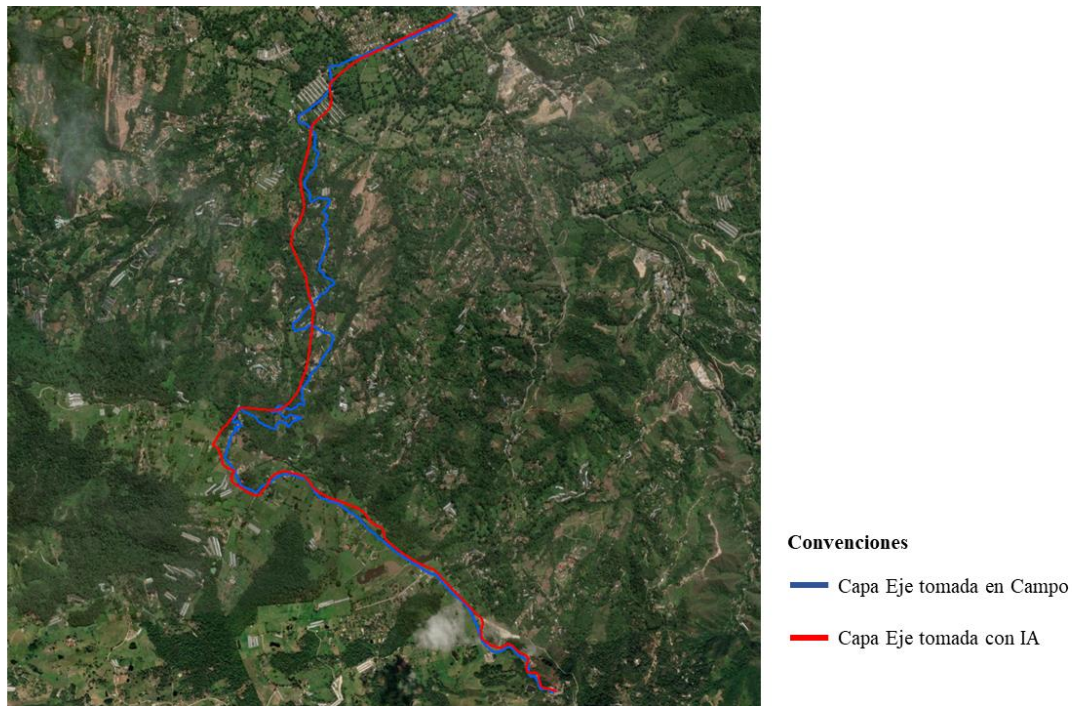
Se solicitaron tres cotizaciones a empresas que tienen experiencia en el inventariado de vías con el fin de comparar tiempos de ejecución. El tiempo promedio para la toma de datos bajo las mismas condiciones fue de dos días y un posprocesamiento de la información de diez días con métodos convencionales. Ahora, si se compara el resultado obtenido frente a estas cotizaciones, e incluso procesos de contratación que se han ejecutado en el orden nacional, es posible ver una reducción del tiempo en la toma de datos de por lo menos un 50% y hasta 80% más rápido en el posprocesamiento, debido a la sincronización inmediata de datos en la nube que permite una visualización de la información en oficina de manera instantánea.

Por otro lado, existe una iniciativa del Departamento Nacional de Planeación cuya finalidad es el análisis de más de 8000 imágenes satelitales con inteligencia artificial para así determinar el eje de la vía terciaria, lo que correspondería a la primera capa de información que requiere el Ministerio de Transporte. El proceso para obtener esta capa cuenta con dos etapas, la primera

consta de identificar los patrones de la imagen con una precisión del 54% y la segunda convierte este patrón en una imagen vectorizada con una precisión del 86.5%.

Figura 11

Comparación de Capa Eje Campo vs Capa Eje IA.



En la figura 11 se observa la comparativa entre la capa generada por los datos tomados en campo y la capa generada por inteligencia artificial. Esta última alcanza a tener un desfase de 300m con el eje tomado en campo por lo tanto no es conveniente aún usarla como reemplazo del trabajo en campo debido a que no cuenta con la suficiente precisión para un correcto análisis y diagnóstico de las vías de la red vial terciaria.

8. Recomendaciones

La primera recomendación está dirigida al mejoramiento de la precisión para la toma de la información. La precisión del GPS del dispositivo móvil está directamente relacionada entre otros con la batería en el momento de la toma de la información, las condiciones climáticas y el sensor que detecta las frecuencias del GPS. Este sensor en los celulares de alta gama se ha mejorado notablemente consiguiendo conectarse con otras constelaciones de satélites, llegando a obtener precisiones de centímetros; es por ello que se recomienda realizar estos levantamientos de información con dispositivos que tengan la capacidad de conectarse con otras constelaciones de satélites.

La segunda está dirigida las EE.TT para hacer visible la importancia de realizar estos inventarios viales por parte de las administraciones locales, pues tener caracterizadas las vías podría significar tener más acceso a recursos de orden nacional o departamental al tener identificados plenamente sus necesidades. De igual forma permite la optimización de los recursos ya que se pueden tomar decisiones basadas en datos reales y así no realizar inversiones en sectores no prioritarios que no tienen un impacto real en la comunidad. Además de esto, permite planificar de mejor manera los objetivos y las metas para trazar planes de desarrollo con miras en la construcción, mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial a cargo.

Un inventario vial permite que las comunidades que se encuentren alrededor de dichas vías puedan conectarse a las cabeceras municipales para así poder aumentar la capacidad de desarrollo de sus habitantes y mejorar su calidad de vida.

Referencias Bibliográficas

- Acosta Ariza, M. A., & Alarcón Romero, P. A. (2017). *Análisis de la cantidad y el estado de las vías terciarias en Colombia y la oportunidad de la ingeniería civil para su construcción y mantenimiento*. Universidad Católica de Colombia.
- Alonso Rojas, M. J., & Correa Santana, W. A. (2021). *Presentación de los datos espaciales de la infraestructura vial de Colombia mediante un sistema de información geográfica, como un resultado de los trabajos de grado de la universidad católica de Colombia, 2017 a 2020*. Universidad Católica de Colombia.
- Bernal G, J. D. (2020). Nueva era de las Vías Terciarias en Colombia. *Infraestructura*, 44–47.
- Carvajal Jaimes, M. J. (2020). *Plan de Desarrollo Municipio de Piedecuesta “Una ciudad para la gente” 2020 – 2023*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *CONPES 3857: Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). *Mejoramiento de vías terciarias - Vías de tercer orden*.
- Ministerio de Transporte. (2021). *Transporte en cifras: Estadísticas 2020*.
- Muñoz Prieto, W. (2002). Concesiones Viales en Colombia. *Tecnura 10*, 18–26.
- Murillo, C. A. (2017). Desafíos para el desarrollo de la Red Vial Terciaria en el Posconflicto. *Revista de Ingeniería*, 45, 32–39. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.5>
- Narváez, L. (2017). Vías Terciarias: motor del desarrollo económico rural. *Revista de Ingeniería*, 45, 80–87.
- Osorio Baquero, I. (2014). Breve reseña histórica de las vías en Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 183–187. <https://doi.org/10.16925/in.v10i17.880>

- Ospina Ovalle, G. (2016). El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia. *Revista de Ingeniería*, 44, 20–27.
- Pérez V, G. J. (2005). *La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia* (Vol. 64).
- Quiroga Tavera, L. P. (2019). *Infraestructura vial en Colombia frente a los países miembros de la alianza del pacífico para el desarrollo del comercio internacional*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Yepes, T., Ramírez, J. M., Villar, L., & Aguilar, J. (2013). *Infraestructura de transporte en Colombia* (46th ed.). Fedesarrollo.
- Zaninovich, D. (2017). Vías Regionales y la necesidad de una Gestión Compartida. *Revista de Ingeniería*, 45, 72–79. <https://doi.org/10.16924/revinge.45.10>