

Una aproximación desde la academia a la evaluación del estado de la superficie de vías en la red terciaria

An approximation from academy to the evaluation of road surface state in tertiary network roads

LEIDY PAOLA BENÍTEZ ROBAYO¹ - SANDRA XIMENA CAMPAGNOLI MARTÍNEZ²

1. Estudiante de Ingeniería Civil, líder del Semillero de Investigación en Pavimentos (semestre 2018-1) de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Profesora titular, directora del Centro de Estudios Geotécnicos y tutora del Semillero de Investigación en Pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

leidy.benitez@mail.escuelaing.edu.co - sandra.campagnoli@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/02/2018 Aceptado: 15/03/2018

Disponibile en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

Durante las negociaciones de La Habana y en la fase inicial del pos-conflicto, se ha reconocido que una infraestructura vial que permita la transformación del campo y acerque el Estado a las comunidades rurales para proveerlas de servicios sociales fundamentales, como salud, vivienda y educación, y que promueva actividades económicas lícitas y el desarrollo de proyectos productivos, es una de las herramientas esenciales para la construcción de una paz estable y duradera. En este ámbito, las facultades de ingeniería civil tienen un papel preponderante, no solo para pronunciarse sobre aspectos técnicos relacionados con el mejoramiento, la conservación o la construcción de vías en la red terciaria, sino también para que sus estudiantes, desde su proceso de formación, conjugando lo académico con lo práctico, se conviertan en agentes activos en el posconflicto y generadores de cambio.

Con esta perspectiva, el Semillero de Investigación en Pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito hizo el trabajo que se presenta en este artículo, en el que, aplicando el método Viziret evaluó el estado de las superficies de vías, con el fin de proponer soluciones para la intervención, en tramos de la red vial terciaria de los departamentos de Santander y Boyacá que pasan por los municipios de Jesús María, La Belleza, Florián y Saboyá.

En términos generales, se concluye que el estado de las vías transitadas es el resultado de condiciones ambientales y topográficas que no hacen viable la solución de afirmado como superficie de rodadura y que, aun si se cumpliera con las especificaciones de materiales y se llevarán a cabo actividades de mantenimiento en las vías, este tipo de solución continúa siendo insostenible para los niveles de precipitación y gradientes topográficos que se presentan en la zona.

Palabras claves: red terciaria, afirmados, método Viziret, bajos volúmenes de tránsito.

Abstract

During the Colombian peace process in Havana and the initial phase of the post-conflict, it has been recognized that a road infrastructure that allows the transformation of the countryside and brings the government closer to rural communities to provide them with basic social services such as health, housing, and education, that also promotes licit economic activities and the development of productive projects, is one of the essential tools for building a stable and lasting peace. In this area, civil engineering faculties have a preponderant role, not only in technical aspects related to the improvement, conservation or construction in the tertiary road network, but also so that their students, from their training process, combining academia and practice, become active agents in the post-conflict and generators of change. With this perspective, the Pavement Research Seedbed from Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito performed the activity presented in this article, in which applying the Viziret method, made the evaluation of the surface conditions in part of the tertiary road network, from which solutions are proposed for their intervention, in the departments of Santander and Boyacá, that crosses through the municipalities of Jesús María, La Belleza, Florián, and Saboyá. In general, it is concluded that the condition of the evaluated routes is the result of environmental and topographical conditions that do not make the gravel road solution viable as a surface road and that, even if material specifications were met and activities of maintenance on the road is made, this type of solution remains unsustainable for the precipitation levels and topographic gradients that occur in the area.

Keywords: Tertiary Road network, Gravel road, Viziret method, Low-Volume Road.

INTRODUCCIÓN

Con los acuerdos de paz, el gobierno nacional ha vuelto su mirada a la red vial terciaria, cuya administración y gestión se encuentran principalmente a cargo de los municipios, reconociendo la precariedad histórica de esta infraestructura como una condición estructural que ha alimentado los problemas sociales que han desembocado en el conflicto armado más viejo del continente. Es así como en el punto 1 de los acuerdos “Hacia un nuevo campo colombiano: reforma rural integral”, particularmente en el ítem de “Infraestructura y adecuación de tierras”, en lo que se refiere a infraestructura vial, el gobierno se compromete a crear e implementar un plan nacional de vías terciarias, en el que, en términos generales, se aplicarán criterios como la participación activa de las comunidades, la asistencia técnica para garantizar el mantenimiento y la sostenibilidad de las obras, el estímulo a la economía local, la promoción y aplicación de diversas soluciones tecnológicas y la sostenibilidad de las condiciones socioambientales.

Así mismo, en el punto 4 de los acuerdos, “Solución al problema de las drogas ilícitas”, se reconoce el papel fundamental de las obras de infraestructura social, entre ellas las vías terciarias, para responder a las necesidades de la comunidad y atender con una planeación integral la sustitución de cultivos ilícitos (1). A este respecto, en el Conpes 3857, en el que se dan los lineamientos de política para la gestión de la red terciaria, en la asignación de puntajes para la priorización de la intervención de estas vías, cuando promuevan la sustitución de cultivos, se le otorgan 15 puntos de los 100 posibles (2).

Es entonces esencial reconocer el lugar de la academia en la coyuntura social y política que atraviesa el país, sobre todo por la pertinencia de acercar los saberes considerados técnicos a las realidades rurales y zonas apartadas de Colombia. El reto en el desarrollo de la red terciaria es inmenso, pues implica un trabajo activo y comprometido con el gobierno y con las comunidades en la transmisión de conocimientos construidos desde la disciplina de la ingeniería civil, para así atender los desafíos materiales que promuevan y aporten a la construcción de una paz que sea verdaderamente estable y duradera.

Además de la investigación e innovación, necesarias para la búsqueda de soluciones tecnológicas integrales y sostenibles para la atención de la red terciaria, de tal forma que éstas sean compatibles con las condiciones

propias de los ambientes y materiales y se aproveche el recurso humano local, la academia está acercando a sus estudiantes a las realidades del país, propiciando espacios para que sean agentes activos en el posconflicto y generadores de cambio.

Es así como en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, particularmente en el Semillero de Investigación en Pavimentos, dentro de los temas de trabajo se vienen estudiando las vías terciarias, conocidas técnicamente como vías de bajos volúmenes de tránsito (BVT), sobre todo las vías en afirmado. Por eso en este artículo se expone la experiencia llevada a cabo en el primer semestre de 2018 en la que, utilizando el método Viziret, se evaluó la condición de varias vías ubicadas en los departamentos de Santander y Boyacá que comunican los municipios de Jesús María, La Belleza, Florián y Saboyá, y se proponen soluciones de intervención de acuerdo con los resultados de esta evaluación.

RED VIAL TERCIARIA EN COLOMBIA

El país cuenta con una red vial cuya longitud asciende a 204.855 km, de los cuales cerca del 70 % (142.284 km) corresponden a la red terciaria, principalmente a cargo de los municipios (figura 1).

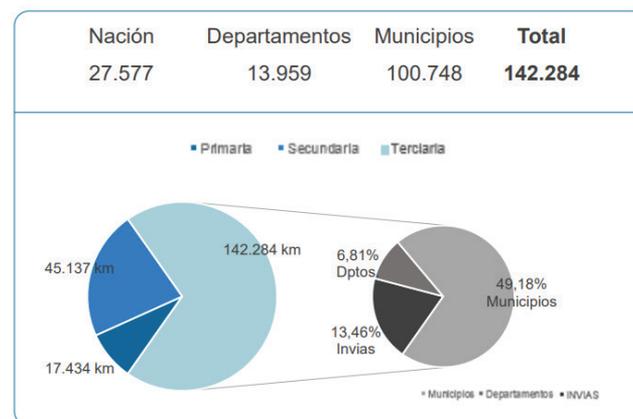


Figura 1. Distribución de la red terciaria.

Fuente: Transporte en cifras estadísticas, 2014 (Mintransporte).

De acuerdo con los inventarios del Ministerio del Transporte, la mayor longitud de las superficies de rodadura de las vías de la red terciaria se encuentra en afirmado, en un estado que fluctúa principalmente entre regular y malo (figura 2), (3).

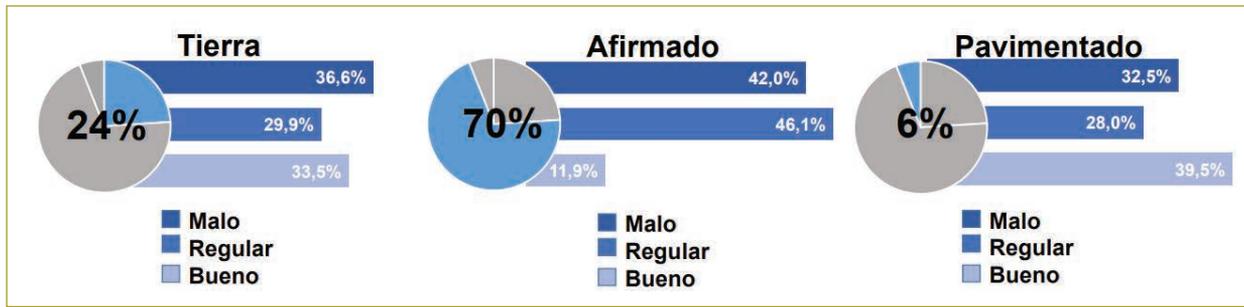


Figura 2. Estado de la red terciaria.

Fuente: Transporte en cifras estadísticas, 2014 (Mintransporte).

Los departamentos que acogen la mayor longitud de la red terciaria son, en su orden, Boyacá, Cundinamarca y Antioquia, aun cuando en términos de densidad vial Quindío también supera los 20 km/100 km². La distribución de la red en el territorio nacional es desbalanceada, ya que cerca del 68 % del país tiene menos de 12,8 km/100 km² y grandes extensiones carecen de un mínimo de infraestructura de transporte (4).

EL AFIRMADO COMO SUPERFICIE DE RODADURA

El afirmado, también denominado grava (*gravel roads*) o ripio en varios países de Latinoamérica, constituye la solución tecnológica más empleada cuando se trata de atender la construcción de vías de BVT, que son en esencia la mayoría de las vías que conforman la red terciaria.

Gobiernos, agencias viales y entidades financieras internacionales, como el Banco Mundial y el Banco de Desarrollo de América Latina (anterior Corporación Andina de Fomento, CAF), han propiciado estudios para investigar la sostenibilidad de este tipo de superficie de rodadura, coincidiendo en que, aun cuando se trate de vías con tránsitos inferiores a los 200 vehículos por día (vpd) de los cuales menos de 50 superan las 3,5 toneladas, los afirmados pueden resultar inviables, dependiendo sobre todo de las distancias de acarreo de materiales adecuados que efectivamente cumplan con las especificaciones de calidad (en el caso colombiano, contempladas en los artículos 300 y 311 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías), (5), así como de las condiciones ambientales y de gradientes topográficos imperantes en la zona donde se emplazará el camino, y un aspecto no menos importante, de las capacidades de mantenimiento de la vía,

aspecto este último que normalmente no se considera en la estructuración y gestión de muchos proyectos de vías terciarias.

Guías y recomendaciones para la evaluación de ingeniería sobre la conveniencia de la construcción de un afirmado se pueden consultar en diferentes fuentes, pero vale la pena recomendar las experiencias logradas por la SADC¹ en 2003, que se resumen en el documento *Low-Volume Sealed Roads Guideline* (6), o por el Seacap² con el apoyo de la gTKP³, que se pueden consultar en la *Research on Sustainable Paving/ Surfacing for Low Volume Rural Roads in Vietnam*, o en *Key Management Issues for Low Volume Rural Roads in Developing Countries* de 2008 (7), (8), o por la autoridad de carreteras de Etiopía en 2011, que se encuentran contenidas en el *Design manual of low volume roads* (9).

En términos generales, se puede asegurar que están claramente establecidas las condiciones para lograr que una vía en afirmado sea sostenible. Estas condiciones hacen referencia a la calidad de los materiales en cuanto a distribución de tamaños, dureza, durabilidad, limpieza y resistencia; a la distancia de acarreo de éstos desde la fuente hasta el sitio del proyecto, que no debe superar los 50 km; a los niveles de pluviosidad, los cuales deben ser inferiores a los 1000 mm/año, siempre y cuando la pendiente longitudinal de la carretera no supere el 6 %, o a 2000 mm/año si esta última es menor que el 4 %; a niveles de tránsito por debajo de los 200 vpd, si se cumple con todas las condiciones anteriores, y por supuesto, a los requisitos de mantenimiento, como los perfilados frecuentes y las recargas de grava.

1. Southern African Development Community.
2. South East Asia Community Access Programme.
3. Global Transport Knowledge Partnership.

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS SUPERFICIES EN AFIRMADO

El estudio preliminar de las vías se realizó utilizando herramientas digitales como Google Earth, e identificando información pertinente en diferentes entidades, entre ellas el Ideam, para conocer los ambientes climáticos e hidrológicos; el Servicio Geológico Colombiano, para indagar sobre las condiciones geológicas y geotécnicas; el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de Transporte, donde se buscó si las vías en estudio contaban con inventario, y en general, en las páginas web de los municipios para identificar los contextos demográficos y económicos de las zonas por donde discurren las vías.

La condición de los “afirmados” de las vías se calificó, durante la visita de campo, aplicando el método Viziret que se describe a continuación.

MÉTODO VIZIRET

El método Viziret, propuesto por el Laboratorio Central de Puentes y Calzadas (LCPC), de Francia, se sustenta en estudios desarrollados en países tropicales de África y busca establecer la condición de una vía en afirmado mediante la inspección visual de su superficie (10).

La condición se determina definiendo un índice de viabilidad, ligado a cinco tareas de mantenimiento: a) mantenimiento básico que involucra solamente reparaciones puntuales; b) perfilado ligero, nivelando la superficie de forma mecanizada; c) perfilado pesado, para recuperar la sección transversal y la rasante de la calzada, así como reactivar cunetas y desagües; d) recarga de grava, para restablecer el espesor inicial del afirmado, y finalmente, e) reconstrucción, haciendo remplazo total o parcial del afirmado existente.

Los deterioros del afirmado se clasifican en dos grupos: de tipo estructural, y relacionados con el manejo del agua y otras condiciones no estructurales (figura 3).

Para la cuantificación de los deterioros estructurales, el método define niveles de gravedad, donde el nivel 0 representa la ausencia de deterioros y el nivel 3 una degradación muy importante, en tramos de vía de 100 m de longitud. El nivel asignado a cada tramo corresponde al más alto que se encuentre en los diversos tipos de deterioro presentes. Finalmente, el método propone

una relación entre los niveles de gravedad y el tipo de mantenimiento que se debe hacer (tabla 1).



Figura 3. Clasificación de los deterioros mediante el método Viziret.

Tabla 1
Relación entre el nivel de gravedad de un deterioro y la naturaleza de los trabajos

Nivel 0	Ausencia de deterioros	Monitoreo y mantenimiento básico
Nivel 1	Degradación leve y poco sensible a los usuarios.	Perfilado ligero con bacheo o sin él.
Nivel 2	Degradación constante y sensible a los usuarios.	Perfilado pesado con bacheo o sin él.
Nivel 3	Degradación muy importante.	Recarga de grava o reconstrucción.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA Y DE LAS VÍAS

Las vías seleccionadas pasan por los municipios de Jesús María, La Belleza, Florián y Saboyá, ubicados en el sur del departamento de Santander y en el norte del departamento de Boyacá. La longitud total aproximada del recorrido realizado fue de 108 km. El terreno por donde discurren las vías bajo evaluación es en general montañoso, con pendientes promedio en el trayecto considerado del 6 %, llegando a ser del 24 % hacia el final de éste, en inmediaciones del municipio de Saboyá. La precipitación en la zona es elevada y varía entre los 2000 y 2500 mm/año, en tanto que la temperatura promedio se encuentra entre los 15 y 25 °C.

En términos geológicos, en la zona se atraviesan las formaciones Guadalupe, Paja y Ritoque, y áreas donde

predominan arcillolitas y areniscas del Cretáceo y, en menor cantidad, calizas y lutitas. De igual manera, se cruza por varias fallas geológicas, entre ellas los anticlinales de Pradera y de Jesús María.

En cuanto al diseño geométrico, debido principalmente a las condiciones topográficas del sector, en varios tramos de las vías se cuenta con poca distancia de visibilidad y curvas con cortas entretangencias.

La economía de la región se basa específicamente en la ganadería y, en menor escala, en la agricultura. Las poblaciones de los municipios considerados no superan los 12.500 habitantes y se estima, en promedio, un tránsito entre 100 y 120 vpd, en los tramos más solicitados.

APLICACIÓN DE LA EVALUACIÓN

La inspección visual de las vías se llevó a cabo haciendo especial énfasis en tres tramos: dos localizados entre los municipios de Jesús María y La Belleza, y otro ubicado entre los municipios de Florián y Saboyá. Los tramos se dividieron en cuatro subtramos, cada uno de 125 m en los tramos 1 y 3, y de 100 m en el tramo 2. La cuantificación de los deterioros estructurales, al igual que de los deterioros producidos por insuficiencias de drenaje, se hizo como ya se indicó, siguiendo las recomendaciones del método Viziret.

Evaluación de la condición de las vías en el tramo 1

Ubicado aproximadamente a 2 km desde la cabecera municipal de Jesús María, en éste se encuentran deformaciones, baches y surcos longitudinales en un nivel de



Figura 4. Condición de la vía en el tramo 1.

gravedad 2, razón por la cual se le asignó un índice de viabilidad de 2. De acuerdo con el método Viziret, una posible solución a las afectaciones del tramo sería realizar un perfilado pesado con bacheo o sin él (figura 4).

En cuanto a los deterioros por influencia del drenaje y otros, se encontraron pocos surcos transversales, la presencia de cabezas duras predominaba en gran parte del tramo y la formación de lodazales no se pudo evaluar debido a la condición seca del material el día de la inspección visual. El estado de las cunetas no es el ideal para garantizar un adecuado drenaje, el ancho de éstas varía a lo largo del tramo, y normalmente se encuentran llenas de vegetación y rocas que obstruyen el curso del agua (figuras 5 y 6).



Figura 5. Predominancia de cabezas duras en el tramo 1.



Figura 6. Condición de las cunetas en el tramo 1.

Evaluación de la condición de las vías en el tramo 2

El tramo se encuentra localizado aproximadamente a 6,2 km de la cabecera municipal de Jesús María. El material existente en la vía yace sobre una subrasante arcillosa de

alta compresibilidad, de acuerdo con sus características de plasticidad (figura 7).



Figura 7. Suelo de subrasante del tramo 2.

En los tres primeros subtramos se apreciaron deformaciones, baches y surcos longitudinales, todos ellos con nivel de gravedad 2, mientras que en el subtramo 4 estos mismos deterioros tienen un nivel de gravedad 3, por lo que se le asignó al tramo un índice de viabilidad de 3. De acuerdo con este nivel, las alternativas de mantenimiento recomendables son la recarga de grava o, incluso, la reconstrucción (figuras 8 y 9).



Figura 8. Ondulaciones, baches y surcos longitudinales en el tramo 2.



Figura 9. Surcos longitudinales en el tramo 2.

Algunos surcos longitudinales que evidencian la falta de un adecuado drenaje, al igual que cabezas duras y afloramientos de roca en varias partes del tramo, son muestras de la pérdida de material de “afirmado”, especialmente en las zonas de mayor pendiente.

Al igual que en el tramo 1, las cunetas se encuentran en mal estado, tienen un alto grado de erosión, presentan obstrucciones o están cubiertas de vegetación, e incluso llegan a desaparecer en la mayoría del tramo (figuras 10 a 12).



Figura 10. Condición de las cunetas y surcos longitudinales en el tramo 2.



Figura 11. Cabezas duras en el tramo 2.



Figura 12. Condición de las cunetas en el tramo 2.

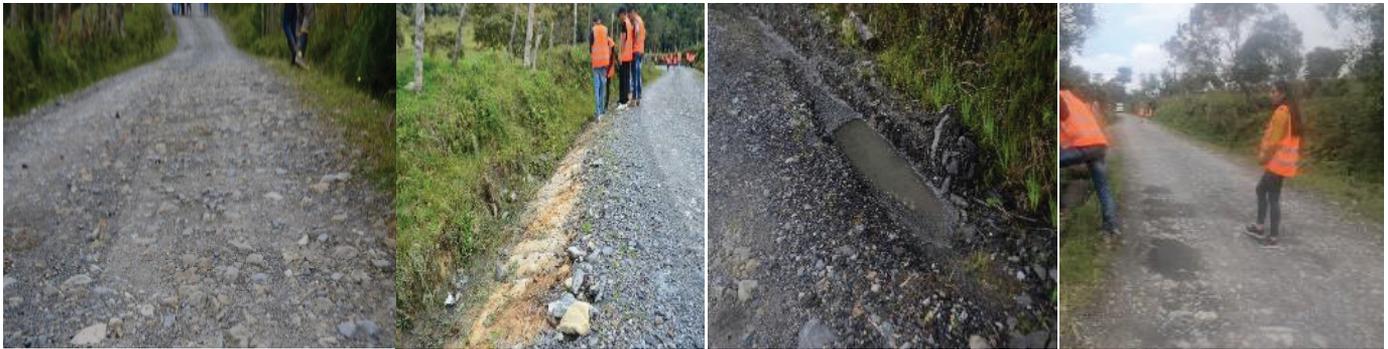


Figura 13. Deterioros presentes en el tramo 3.

Evaluación de la condición de las vías en el tramo 3

En este tramo, situado a 23 km de la cabecera municipal del municipio de Florián, la inspección visual se realizó en subtramos de 125 m cada uno. No presenta deformaciones importantes, aun cuando se identificaron algunos baches con dimensiones correspondientes a un nivel de gravedad 1 (figura 13). Tampoco se evidencian surcos longitudinales u otros deterioros debidos al drenaje, razón por la cual se le asignó un nivel de deterioro de 0.

En algunos sectores se pueden observar espesores de la capa de grava inferiores a 7 cm, como resultado de la pérdida de material. Sin embargo, al clasificar la condición del tramo en un nivel 1 de deterioro, que corresponde a una degradación leve y poco sensible a los usuarios, la recomendación de mantenimiento es un perfilado ligero con bacheo o sin él.

Los deterioros en este tramo por influencias del drenaje se confirman por la presencia de cabezas duras y un alto grado de erosión y obturación de las cunetas (figuras 14 y 15).



Figura 15. Imágenes de cunetas erosionadas y obstruidas en el tramo 3.

En términos generales, el tramo 3 presenta una condición aceptable para el tránsito de vehículos, dado que no se observaron surcos; se puede decir que el sistema de drenaje funciona, aun cuando en ciertas partes se encuentra obstruido por vegetación y sedimentos acumulados.

OBSERVACIONES ADICIONALES

Al comparar la información recolectada en la inspección de campo con la observada en las imágenes de 2013, durante los recorridos con la herramienta Google Earth, se encontró que uno de los tramos seleccionados como críticos, sigue en la misma condición. En este punto de la vía que conduce de Jesús María a La Belleza, un cuerpo de agua la atraviesa por completo (figuras 16 y 17).



Figura 14. Cabezas duras en el tramo 3.

Imágenes del 2013



Figura 16. Punto crítico en la vía en el año 2013 (imágenes de Google Earth).

Imágenes del 2018



Figura 17. Imágenes de punto crítico en la vía en el año 2018.

Las condiciones de las vías unos kilómetros adelante del tramo 3 son completamente distintas. A pesar de no realizar un recorrido a pie, fue posible apreciar el avanzado estado de deterioro en el que se encuentran. En el momento de la observación se presentaron fuertes lluvias, las cuales permitieron apreciar las malas condiciones de drenaje por la presencia frecuente de surcos longitudinales y transversales, al igual que la formación de lodazales (figura 18).

CONCLUSIONES

El estado de deterioro de las vías evaluadas en esta experiencia pone de manifiesto varios aspectos técnicos, sobre los cuales se concluye:

- Aun cuando se dice que estas vías se encuentran en “afirmado”, la calidad de los materiales encontrados



Figura 18. Imágenes de surcos longitudinales y lodazales durante lluvias intensas.

no corresponde a esta solución de superficie, apartándose significativamente de las exigencias dadas en las especificaciones correspondientes.

- Así los materiales cumplieran con los requisitos de calidad, en las vías evaluadas la solución de “afirmado” como alternativa de superficie resulta inviable, dadas las condiciones climáticas (pluviosidad superior a los 2000 mm/año) y de gradientes del terreno (pendientes que llegan a ser de más del 4 %).
- En general, los trazados geométricos y los drenajes son deficientes en varios de los tramos de las vías evaluadas.
- Todas las consideraciones anteriores, sumadas a la ausencia o al escaso mantenimiento de las vías, han dado lugar a su precario desempeño y hacen poco sostenible el “afirmado” como solución de superficie.
- El método de evaluación de la condición del “afirmado” aplicado en esta experiencia resulta de fácil implementación por parte de las autoridades viales municipales y permite complementar la información de los inventarios de las redes a su cargo, facilitando la toma de decisiones para su priorización e intervención, así como justificar las inversiones en ellas.

Se quieren destacar los beneficios de este ejercicio que, si bien es académico, acercó en la práctica a los participantes en el Semillero de Investigación en Pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito a una de las realidades en el contexto de las vías de la red terciaria más apremiantes por atender. Un ejercicio que permitió comprender la responsabilidad social de los estudiantes y, en general, de los académicos,

en la construcción de alternativas sostenibles, tangibles y técnicas para superar los desafíos materiales de las comunidades, y brindar oportunidades que deriven en la construcción de una paz que sea verdaderamente estable y duradera.

Por último, en el Semillero de Investigación se continuará trabajando en los temas relacionados con la red terciaria, el afirmado como superficie y, en general, en el estudio de soluciones de pavimentación para las vías de bajos volúmenes de tránsito. Para esto, es necesario contar con el apoyo decidido de las agencias viales nacionales, departamentales y municipales que las tienen a cargo, de modo que se pueda lograr la implementación de innovaciones tecnológicas y de metodologías de evaluación y de seguimiento del desempeño de la infraestructura vial, buscando que sean caminos sostenibles. En las facultades de ingeniería civil y de vías, con el apoyo de sus estudiantes, estas entidades pueden encontrar colaboración en la asistencia técnica básica que requieren muchos de los municipios del país para desarrollar la infraestructura vial que se encuentra bajo su responsabilidad.

Grupo de trabajo

- **Estructuración del ejercicio y orientación de la gira técnica.** Profesores ingenieros José Vicente Amórtegui Gil, Sandra Ximena Campagnoli Martínez. Estudiantes líderes del semillero: Leidy Paola Benítez R., Cristian David Alzate, Ivana Bayona Alsina, Laura Camila Aguilar Mesa, Danna Vanessa Rojas Ávila, Andrea Catalina Obando Salamanca.
- **Desarrollo en campo.** Profesores ingenieros José Vicente Amórtegui Gil, Sandra Ximena Campagnoli Martínez, María Fernanda Ramírez B., Dairo Puentes P.
- **Estudios de oficina y campo.** Leidy Paola Benítez R., Cristian David Alzate, Laura Camila Aguilar Mesa, Carlos Fernando Barceló Avendaño, Gineth Daniela Barrera Fandiño, Ivana Bayona Alsina, Nicolás Andrés Calentura Granados, Angie Tatiana Daza Acevedo, Paula Alejandra Forero González, Michael Eduardo Franco Figueroa, Esteban Guacaneme Verdugo, Érika Natalia Laverde Holguín, Germán Camilo Leguizamó Guzmán, Édgar Jhoan López Riveros, Valentina Murcia Guzmán, Paula Andrea Nonzoque Vertel, María Camila Numpaque Fonseca, Andrea Catalina Obando Salamanca, Oswaldo Peña Romero, Cristhian Camilo Ramírez Medina, Sebastián Felipe Rodríguez

Machuca, Danna Vanessa Rojas Ávila, Juan Felipe Sáenz Becerra, Juan Pablo Sáenz Rojas, Holman Stivens Salinas Reyes, Miller Guiovanly Urrego Calderón, Shayra Milena Sierra Sierra, José Santiago Castañeda Olaya, Hugo Fernando González Cuadros, Carlos Andrés Serrato Avendaño, Jorge Luis Mayorga Sánchez y Laura Fernanda Forero Amézquita.



Agradecimientos

El grupo de trabajo agradece a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por el apoyo académico y económico brindado, indispensable para que esta iniciativa llegara a feliz término.

REFERENCIAS

1. Gobierno nacional de Colombia - Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (2016). Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/procesos-y-conversaciones/Documentos/Compart_Acuerdo_Final.
2. Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2016). Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria. Conpes 3857.
3. Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2016). Política para la gestión de la red terciaria: presupuesto informado por resultados. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presentaciones/RED_TERCIARIA_CCI-DNP.pdf.
4. Narváez, L. (2017). Vías terciarias: motor del desarrollo económico rural. *Revista Ingeniería 45*, Universidad de los Andes.
5. Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte, República de Colombia (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras.
6. Southern African Development Community (SADC) (2013, July). Guideline on Low-Volume Sealed Roads.
7. Petts, R., Cook, J. & Salter, D. (2008). Research on Sustainable Paving/Surfacing for Low Volume Rural Roads in Vietnam. <https://www.gov.uk/dfid-research-outputs/seacap-1-and-4-research-on-sustainable-paving-surfacing-for-low-volume-rural-roads-in-vietnam>.
8. Petts, R., Cook, J. & Salter, D. (2008). Key Management Issues for Low Volume Rural Roads in Developing Countries. *Incotals South Asia Moves Forw*, 1-16.
9. Ethiopian Roads Authority (2011). *Design Manual for Low Volume Roads*. Vol. Part D.
10. República de Colombia - Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías (2016). *Manual de mantenimiento de carreteras*, 1.