

ESTADO DEL ARTE SOBRE EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS  
EMPLEADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÍAS Terciarias  
EN COLOMBIA.



GILBERT ALEJANDRO POVEDA PASTRAN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO

2022

ESTADO DEL ARTE SOBRE EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS  
EMPLEADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÍAS Terciarias  
EN COLOMBIA.

GILBERT ALEJANDRO POVEDA PASTRAN

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de ingeniero  
Civil

Aprobado por:

Ing. JUAN MANUEL SALGADO DÍAZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO

2022

**Autoridades académicas**

**P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.**

Rector General

**P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P.**

Vicerrector Académico General

**P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.**

Rector Sede Villavicencio

**P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.**

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

**Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN**

Secretaria de División Sede Villavicencio

**MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN**

Decano Facultad de Ingeniería Civil

## **Agradecimientos**

Primeramente, agradecido incondicionalmente con Dios ser supremo de fe, esperanza y fuerza brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

Gracias a mi papá hermana y familiares por ser los principales promotores de apoyo y perseverancia.

A la Universidad Santo Tomas, cuerpo administrativo y docentes por brindar tan buenos espacios académicos y enseñanzas sobre la vida académica y laboral.

A mi director de tesis el ingeniero Juan Manuel Salgado Díaz por su comprensión, consejos, correcciones y experiencias compartidas durante la ejecución del proyecto de grado.

Ha sido un camino lleno de múltiples dificultades, retos, alegrías, tristezas y enseñanzas durante toda la vida académica, culminando así una etapa muy importante y a su vez abriendo el camino a la vida profesional; gracias a todos por sus enseñanzas, Dios los bendiga.

**Tabla de Contenido**

	Pág.
Resumen.....	8
Abstract .....	9
Glosario.....	10
Introducción .....	13
Formulación del Problema .....	14
Objetivos .....	15
Objetivo General .....	15
Objetivos Específicos .....	15
Justificación .....	16
Estado del Arte .....	17
Metodología .....	19
Desarrollo.....	21
Conclusiones .....	44
Referencias.....	46

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Desarrollo de la metodología.....	20
Tabla 2. Normas técnicas vigentes sobre el tratamiento tradicional para vías terciarias.....	27
Tabla 3. Nuevas alternativas de materiales para el mejoramiento de vías terciarias con las especificaciones establecidas por el INVIAS. ....	29
Tabla 4. Resultados significativos del estudio de la MAPIA. ....	31
Tabla 5. Procesos considerados para el mejoramiento o estabilización del material de estudio. .	33
Tabla 6. Estudio completo para cuantificar las propiedades mecánicas del material estabilizado. ....	34
Tabla 7. Sección de resultados.....	40
Tabla 8. Impactos.....	43

## Lista de Figura

	Pág.
Figura 1. Etapas de la metodología.....	19
Figura 2. Vía con capa superficial en material de arena-asfalto natural de la mina Isaza (2011)	24
Figura 3. Mina Isaza de arena-asfalto natural en Norcasia, Caldas. ....	24
Figura 4. Ito natural presente en las paredes de la mina. ....	26
Figura 5. Material de MAPIA de la mina Isaza en Norcasia, Caldas. ....	26
Figura 6. Material laterítico estabilizado al 2% (derecha) y 4% de cemento hidráulico (izquierdo).....	33
Figura 7. ntes y Después de la vía La Dorada – Norcasia con material MAPIA.....	36
Figura 8. Antes y Después de la vía La Esperanza – El Arbolito – Tabacal con material MAPIA.....	36
Figura 9. Vía construida con material tipo laterítico en el Departamento del Vichada.....	38
Figura 10. Fotografías de las pruebas del material laterítico que se estabilizó con cemento hidráulico al 2% (derecha) y al 4% (izquierda). ....	38

## Resumen

El desarrollo de la producción académica de procesos para el mejoramiento y construcción de vías terciarias es un tema que debe desarrollarse a partir de la identificación de tecnologías que se están utilizando actualmente, las metodologías de diseño y casos relevantes en la incursión de nuevas tecnologías que permite el avance en materia, reducir la inversión gubernamental, conectar a los municipios con las veredas, impulsar el crecimiento y desarrollo de las vocaciones de los territorios más distantes. Para el análisis de casos en Colombia se tuvieron en cuenta tres iniciativas en Caldas y en el departamento del Vichada, esto con el fin de conocer las alternativas tecnológicas de mejoramiento vial terciario propuestos, partiendo de las bases tecnológicas universales e innovadoras; siendo estas, in situ, aplicación de geo sintéticos, método de reciclaje en caliente y frío (concreto asfáltico), lechadas asfálticas, asfalto natural (asfaltitas) y la arena- asfalto natural, teniendo en cuenta las especificaciones establecidas por el INVIAS. La aplicación y resultados de este proceso investigativo fue desarrollado a partir del análisis y revisión documental, con recursos de repositorios académicos e institucionales, planteando la metodología de carácter cualitativo que nos permita valorar las condiciones en las que se desarrollaron estas tecnologías.

**Palabras clave:** alternativas tecnológicas, vías terciarias, Colombia, INVIAS, Vichada, Meta y Caldas.



### **Abstract**

The development of academic production of processes for the improvement and construction of tertiary roads is an issue that must be developed from the identification of technologies that are currently being used, the design methodologies and relevant cases in the incursion of new technologies that allows progress in this area, reduce government investment, connect municipalities with villages, promote the growth and development of vocations in the most distant territories. For the analysis of cases in Colombia, three initiatives were taken into account in Caldas and the department of Vichada, this in order to know the proposed tertiary road improvement technological alternatives, starting from the universal and innovative technological bases; These being, in situ, application of geo-synthetics, hot and cold recycling method (asphalt concrete), asphalt slurries, natural asphalt (asphaltites) and natural sand- asphalt, taking into account the specifications established by INVIAS. The application and results of this investigative process was developed from the analysis and documentary review, with resources from academic and institutional repositories, proposing the qualitative methodology that allows us to assess the conditions in which these technologies were developed.

**keywords:** technological alternatives, tertiary routes, Colombia, INVIAS, Vichada, Meta and Caldas.

## Glosario

**Agregados Pétreos:** Es aquel material proveniente de la roca y se utiliza sin sufrir transformaciones, regularmente se encuentran en forma de macizos rocosos o en depósitos no consolidados conteniendo fragmentos de distintos tamaños (arena y gravas).

**Asfaltos Naturales:** Sustancia solida o viscosa combinada con materiales pétreos y bituminosos, de aspecto resinoso y fractura conoidal, que tiene que su origen en yacimientos de rocas asfálticas, por lo general calizas, areniscas y gravas, conglomeradas impregnadas de asfalto natural.

**Asfaltitas:** Es un hidrocarburo sólido derivado del petróleo, su color es negro brillante hasta negro mate. Es un producto mineral, liviano, quebradizo, con escasas impurezas y alto poder calórico, de aspecto resinoso y fractura conoidal en las formas frescas, dotadas de un punto de fusión elevado, superior a 110° C.

**Arena-Asfalto Natural:** Es un material compuesto esencialmente por arenas finas y conglomerado que están impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano.

**Asentamientos:** Es el desplazamiento vertical relativo del suelo ante la imposición de cargas, la acción del drenaje, etc.

**Capacidad portante:** Es la capacidad del suelo de fundación de soportar las cargas sin que se produzca la falla de este.

**Emulsiones Asfálticas:** Son una mezcla de asfalto con agua que con el emulsificante una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas "en frío", es decir, a temperaturas menores a 100°C.

**Estabilidad al volcamiento:** Es la capacidad de una estructura de resistir las fuerzas que podrían originar una rotación de esta con respecto a un punto de giro, localizado en la parte interior de la estructura de contención.

**INVIAS:** El Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) tendrá como objeto la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras primaria y terciaria, férrea, fluvial y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte.

**Lechadas Asfálticas:** Mezcla compuesta por emulsión asfáltica de quiebre lento, agregado fino bien graduado, agua y filler mineral si es necesario. Esta mezcla es de fácil aplicación con un mínimo de equipos, constituyendo en la actualidad un medio económico y eficaz para el sellado de pavimentos envejecidos.

**MAPIA:** Es una mezcla asfáltica compuesta principalmente de arenas finas y asfalto natural que puede usarse en vías con diferentes niveles de tránsito en cualquiera de las capas de la estructura del pavimento.

**Ondulado:** Terreno formado por elevaciones y depresiones de pequeña importancia.

**Placa Huella:** Elemento estructural utilizado en las vías terciarias, con el fin de mejorar la superficie de tránsito vehicular en terrenos que presentan mal estado para transitar y requiere un mejoramiento a mediano plazo

**Tramo:** Es el mínimo elemento que conforma una vía y que posee características homogéneas; está dividido en longitudes que van desde 500 hasta 1.000 metros, excepto cuando la vía presenta cambios en las características de la superficie de rodadura.

**Transitabilidad:** Se refiere al número de días en que la vía es transitable tomando como referencia un período de tiempo igual a un año (365 días). Este campo dentro de la base de datos fue el resultado de la aplicación de una encuesta elaborada para tal fin.

**Vías terciarias:** Corresponde a la Red Vial Terciaria, son vías que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras terciarias generalmente se encuentran a cargo de los municipios, así mismo hay carreteras a cargo del departamento y carreteras terciarias a cargo del INVIAS.

**Vías en Tierra ó Destapadas:** Aquellas que con frecuencia son generadas espontánea como consecuencia del tránsito. Carecen de estructura y tanto la calzada como las obras de drenaje son insuficientes para su conservación a través del tiempo. No soportan un tránsito relevantemente importante.

**Vías en Afirmado:** Forman parte de este grupo todas aquellas vías carretéales que han sido diseñadas o mejoradas en sus alineamientos, poseen terraplenes bien conformados destinados a salvaguardar la calzada de los efectos del agua en las zonas bajas, sus obras de arte son sólidas y capaces de resistir las crecientes.

**Vías Pavimentadas con Mezcla Asfáltica:** Son aquellas vías carretéales que han sido diseñadas de conformidad con las características geométricas de estructura, adecuadas al terreno y tipo de carga que deberán soportar durante su vida útil. Poseen un perfil longitudinal adecuado y su capa de rodadura está conformada con mezclas asfálticas.

## Introducción

El desarrollo de un país se puede ver limitado o en avance en función de la infraestructura vial, ya que con la construcción y mejoramiento de las vías se impulsan actividades de orden comercial, agrícola, turísticas y sociales. Esto potencializa las vocaciones de cada rincón de Colombia para el aprovechamiento de las ofertas de los sectores productivos, es decir, la producción y transporte de productos agrícolas, el ecoturismo y la apertura cultural hacia municipios que han sido golpeados por la indiferencia política y la inequidad social, en donde los campesinos deben recorrer grandes distancias en pésimas y regulares condiciones viales, ocasionando pérdidas económicas y dificultades para el transporte de sus productos y entrega a los intermediarios. Por esta razón, se hace necesario incentivar la construcción y mejoramiento de las vías terciarias, proporcionando diversas alternativas para el desarrollo de estos sectores productores y mejorando las vías terciarias en municipios que han sido golpeados por el conflicto armado y requieren un auxilio asistencial e inversión económica por parte del gobierno.

Es por esto que se estableció en la presente investigación la búsqueda de información que nos permita divisar la importancia del desarrollo de nuevas tecnologías empleadas para la construcción y mantenimiento de vías terciarias en Colombia, ya que nace la necesidad de conocer los avances en materia de nuevas tecnologías para la implementación en las vías terciarias de este país para fines académicos y de producción investigativa, ya que las vías terciarias se encuentran en estado deficiente en el tránsito, lo cual restringe la conectividad veredal con cabeceras municipales y esto disminuye el desarrollo del área rural.

## **Formulación del Problema**

En Colombia la red vial cuenta con 206.708 kilómetros de los cuales 142.248 kilómetros pertenecen a la red vial terciaria, por lo cual representa el 68,83% de la totalidad de la red vial, debido a esto Colombia tiene una baja calidad de la infraestructura vial terciaria de acuerdo al reporte global de competitividad. (Planeacion, 2019).

Es necesario recalcar que, las vías terciarias con las cuales se cuenta en el territorio colombiano generan deficiencia en el tránsito, restringiendo la conectividad de veredas con cabeceras municipales, por lo cual el desarrollo del área rural se limita.

Los factores que generan restricción en la conectividad de la infraestructura vial terciaria son: corrupción en la contratación y administración de los recursos públicos, desvío de los recursos pertinentes para su adecuado mantenimiento. Los recursos que se efectúan para la red vial terciaria son insuficientes respecto al porcentaje que estas representan, el departamento nacional de planeación DPN y el ministerio de transporte disponen de 0.03% del PIB anualmente, además, las intervenciones que se realizan a estas vías contemplan únicamente en su gran mayoría; nivelación, compactación con material de río y apertura de cunetas. Dichas intervenciones tienden a generar un efecto positivo solo en temporadas de verano. (Alarcón, 2017)

Por consiguiente, el planteamiento del problema de la investigación se enfoca en ampliar la implementación de nuevas tecnologías para el mejoramiento de vías terciaria.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Estudiar las nuevas tecnologías empleadas para la construcción y mantenimiento de las vías terciarias en Colombia.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las tecnologías que se utilizan actualmente para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias a nivel nacional.
- Definir las metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias.
- Analizar tres casos que propiciaron los proyectos de construcción y mejoramiento de vías terciarias según las tecnologías aplicadas en Colombia.

## **Justificación**

Las vías terciarias permiten dar conectividad a las veredas con la cabecera municipal. Por esta razón, su óptimo servicio permite la inclusión social y productiva de los habitantes generando un desarrollo rural competitivo, aumentando la economía y mejorando la calidad de vida. (Murillo, 2017).

De acuerdo con Narváez (2017) con la red vial existente en Colombia las vías denominadas terciarias cubren el 68.83 % de la red vial total del país, es por ello que el enfoque sobre el desarrollo vial se debe dar en estas vías, al mejorar el nivel de servicio de estas vías se impulsará el desarrollo socioeconómico del área rural y poblaciones apartadas de sus capitales. Este planteamiento surge acompañado del INVÍAS (2017), el cual busca los avances técnico-científicos aplicados para lograr eficacia, construcción, operación y mantenimiento de las vías.

El propósito del desarrollo de este documento es conocer las nuevas tecnologías utilizadas mediante técnicas de estabilización como lo son; uso de materiales presentes en la zona tratados mediante aditivos para la estructura de la vía, la estabilización de materiales presentes en la zona con aditivos como cal o cemento, mezcla de emulsión asfáltica aplicados en la capa superficial, tratamiento superficiales simples o dobles, lechadas, productos asfálticos presentes en la zona y placa huellas. En cuanto a la implementación de nuevas tecnologías que permitan la rehabilitación de vías como; uso de reciclado de materiales en el área, aplicación de asfaltos espumados o tecnologías aplicadas en frío. Puesto que son diversas las aplicaciones tecnológicas que se implementan estas permiten garantizar la funcionalidad, durabilidad y economía para la adecuación de las vías.

Es por ello que, para dar continuidad a este documento se deberá realizar la compilación de técnicas utilizadas para el tratamiento y rehabilitación de vías que permiten el desarrollo para la malla vial del país, por lo cual es indispensable analizar de forma específica el área de desarrollo del proyecto, principalmente se deben conocer los factores climáticos, ambientales y el factor de seguridad de carga que soportara la vía, para así, prolongar su vida útil y servicio.



## Estado del Arte

Dentro de los avances en la construcción y mejoramiento vial se debe mencionar al Instituto Nacional de Vías (INVIAS) que se creó y descentralizó administrativamente a inicios de los años noventa, convirtiéndose en la encargada de un porcentaje de la red vial nacional. Sin embargo, en el año 1997 pese a los intentos de las instituciones y el gobierno se limitó el desarrollo de la infraestructura vial, obteniendo un déficit de carreteras por pavimentar del 30% de la red nacional, ubicadas en su gran mayoría en las zonas rurales, reduciendo las posibilidades de impulsar los municipios y vías veredales. (Prieto, 202, como se citó en Acosta y Alarcón, 2017). Cuando se menciona que el INVIAS se encuentra encargado de un porcentaje de las vías a nivel nacional se refiere a que se les transfirió a los municipios y departamentos la inversión para la construcción, mejoramiento y mantenimiento de las vías de segundo y tercer orden, lo que ha dificultado el acceso vial ya que no poseen los recursos suficientes para el desarrollo técnico, trazado de planes viales, soporte técnico para la gestión de proyectos en lo legal, financiero, ambiental y obras de ingeniería. Siendo un gran desatino para la red terciaria ya aparte de los recursos que se deben invertir se debe realizar una planeación con estudios y proyectos que promuevan la agilidad en los procesos de inversión y ejecución de las obras. (Zaninovich, 2017, como se citó en Acosta y Alarcón, 2017).

Cabe mencionar que se han puesto en marcha diversos planes y proyectos con el fin de aunar esfuerzos en pro de la construcción y mejoramiento vial de la red terciaria, tal y como lo menciona en su investigación Acosta y Alarcón (2017) siendo estos los planes de rehabilitación social y económica que se han llevado a cabo en zonas de conflicto y violencia en el país como: “Plan Nacional de Rehabilitación” formulado en 1983; “Vías para la Paz” formulado en 2000; el Plan Vial Nacional (PVR) en el 2008, “Caminos para la Prosperidad” (Ospina, 2016), Plan Nacional vial de integración regional (PNVIR) formulado en 2018, con el objetivo de impulsar a los departamentos ante la debilidad financiera, institucional y la ausencia de políticas de sostenibilidad y buen empleo de las vías. (Acosta y Alarcón, 2017). Lo que nos permite analizar que se debe hacer un correcto y adecuado manejo de los recursos económicos que son invertidos para este ya que la corrupción, el mercado, la política pública y los intereses políticos y económicos no propician un mayor avance en la inversión en vías terciarias.

Por otro lado, según un estudio de Fedesarrollo en el año 2013, Colombia era uno de los países en Latinoamérica con mayor rezago en infraestructura vial (Osorio, 2014, como se citó en Acosta y Alarcón, 2017), pese a los esfuerzos en cuanto a la planeación y proyectos que ha generado el gobierno nacional para el desarrollo de la red vial, según el Informe de Competitividad Global 2016 – 2017, en cuanto al Índice Global de Competitividad (IGC), Colombia ocupa el puesto 61 de 138 países con calificación de 4,3/7 (manteniendo su puesto del año anterior). Convirtiéndose en un obstáculo para la competitividad de Colombia, a pesar de los avances e inversiones recientes, los inconvenientes en la infraestructura están en lo ferroviario y las carreteras, los cuales ocupan el puesto 84 de 138 países evaluados (ANIF. Centro de estudios económicos. 2017). (Acosta y Alarcón, 2017, p.32).

## Metodología

La metodología aplicada a este proyecto será de carácter cualitativa con el interés de realizar un análisis e investigación documental sobre el avance de las vías terciarias en Colombia respecto a nuevas tecnologías aplicadas, mediante fuentes y recursos disponibles en bases de datos de proyectos de investigación. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se dispondrá a proceder acorde al diseño metodológico propuesto a continuación:

*Figura 1. Etapas de la metodología*

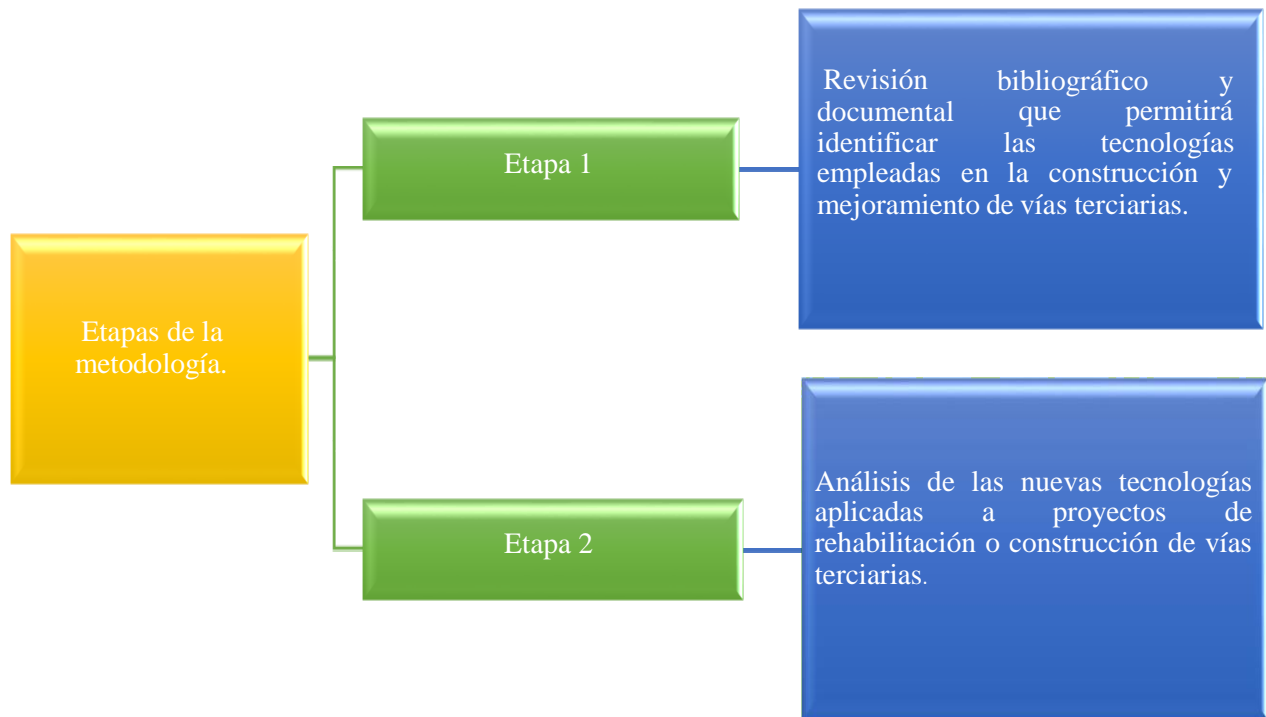


Tabla 1. Desarrollo de la metodología

<b>Desarrollo de la metodología.</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actores</b>
Identificar las tecnologías que utilizan actualmente para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias a nivel nacional.	Revisión bibliográfica y documental que permitirá conocer las alternativas empleadas en la construcción y mejoría de vías terciarias.	Realizar la descripción de las alternativas implementadas para mejorar los suelos de vías terciarias.	Repositorios académicos e institucionales.
Definir las metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias.	Investigación documental de diseños ejecutados para proyectos de vías terciarias.	Conocer las principales metodologías implementadas durante el diseño del mejoramiento de vías terciarias.	Repositorios académicos e institucionales.
Analizar proyectos de Construcción y mejoramiento de vías terciarias según las tecnologías aplicadas en Colombia.	Realizar la investigación y recopilación de proyectos en vías terciarias para su posterior análisis respecto a su construcción o rehabilitación.	Recopilar información documental sobre la construcción y rehabilitación de vías terciarias, generando un análisis el mismo.	Repositorios académicos e institucionales.

*Nota. Tabla del desarrollo en el transcurso del lineamiento metodológico planteado*

## Desarrollo

### **Etapas: tecnologías actuales para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias a nivel nacional.**

Las alternativas tecnológicas de la pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito se clasifican según su aplicabilidad, el grado de conocimiento a nivel nacional e internacional, en tres grupos así: tecnologías universales, innovadoras y experimentales, identificadas por sus condiciones de mayor aplicabilidad y experiencia en su aplicación y los métodos de construcción; en el segundo grupo son las que siguen en estudio y se limita su utilización, por último, en el tercer grupo son las alternativas que se han aplicado de forma limitada, de manera respectiva.

Teniendo en cuenta lo anterior, dentro del grupo de tecnologías universales se encuentran las especificadas por el INVIA, siendo las estabilizaciones de suelos con cal o cemento, y la adición de capas estructurales sean de hormigón o asfálticas, para dichas especificaciones se debe tener en cuenta el proceso constructivo, equipo y material, las condiciones técnicas de estudios y diseños que se deben cumplir en el proceso de diseño, la construcción y recibo final, esto facilita su aplicación y uso.

Según Caro y Caicedo (2017) la aplicación de las tecnologías actuales y tradicionales que permiten el mejoramiento y construcción de las vías terciarias debe obedecer a las condiciones particulares de cada proyecto. Esto quiere decir que se hace necesario caracterizar detalladamente los suelos existentes en la zona sobre los que se construirán las vías y las condiciones climáticas del área. Por consiguiente, se debe identificar las fuentes de materiales disponibles para la construcción de las estructuras de pavimento y se debe valorar la posibilidad de modificar algunos materiales locales que no cumplen con las especificaciones técnicas vigentes, con el objetivo de transformarlos en materiales competentes. Para lo anterior, cabe recalcar que estas tecnologías incluyen técnicas apropiadas para las vías terciarias. Como lo menciona Caro y Caicedo (2017):

*“Estas tecnologías incluyen, entre otras, técnicas de estabilización o mejoras de suelos existentes; el uso de materiales locales modificados con diversos aditivos para las capas intermedias de la*

*estructura de pavimento (e.g. cemento, cal u otros componentes); el empleo de tratamientos o riegos de tipo superficial para la capa superficial del pavimento (i.e. mezcla de emulsiones asfálticas con agregados pétreos que se extiende sobre la parte superior del pavimento sin constituir una capa de tipo estructural), dentro de los que se destacan los tratamientos superficiales simples o dobles (TSS o TSD, respectivamente), las lechadas asfálticas y las microsuperficies; el uso de asfaltos naturales (i.e. productos asfálticos que han aflorado a la superficie y cuyos yacimientos se encuentran en diferentes zonas del país) para la conformación de diferentes capas de la estructura; o el uso del sistema de Placa Huella (i.e. sistema de losas de concreto reforzado ubicadas en las dos zonas donde circulan las llantas de los vehículos, las cuales se encuentran conectadas mediante unas vigas denominadas ríos tras y se complementa con ‘piedra pegada’ o concreto ciclópeo en la zona central de la vía), técnica que se ha implementado frecuentemente durante los últimos años principalmente en zonas montañosas en el país.” (Caro. S; Caicedo. B, 2017)*

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar que, para el mejoramiento de las vías terciarias existentes, se incluyen tecnologías de reciclado de los materiales existentes in-situ, los que comprenden como aplicación las técnicas de frío (i.e. uso de emulsiones asfálticas). Esto aporta variedad a la hora de indicar la tecnología más adecuada dependiendo de las características territoriales y ambientales del área a intervenir, por esto se debe tener en cuenta las consideraciones que menciona Caro y Caicedo (2017) en cuanto a la selección y empleo de tecnologías para la construcción de vías terciarias en el país, siendo principios fundamentales los siguientes:

*No existe una tecnología de empleo universal, no existe tampoco un conjunto limitado de tecnologías que puedan ser aplicados de forma sistemática a las diferentes regiones del país. Esto se debe, principalmente, a la variedad de suelos y de climas que caracterizan el territorio colombiano, la selección de una o varias tecnologías debe resultar de un estudio cuidadoso de las condiciones específicas del proyecto. Dichas condiciones implican el estudio de los suelos de la zona, el estudio de las condiciones ambientales y climáticas de la región y de las condiciones proyectadas de carga que debe soportar la vía durante su vida útil de servicio, para garantizar que los proyectos sean costo efectivo, las tecnologías seleccionadas deben adaptarse a las realidades locales de cada región. Esto significa, por ejemplo, hacer uso en lo posible de materiales locales, el diseño y la construcción de una vía terciaria constituyen dos de las etapas iniciales en la vida del pavimento. Por esta razón, es necesario que desde la concepción del*

*proyecto se planeen cuáles serán las metodologías de gestión y administración de la vía y cómo se van a implementar dichas metodologías dentro del contexto regional del proyecto (e.g. garantizar los recursos para la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo y esporádico e involucrar a la población en actividades de mantenimiento rutinario), aunque la mayoría de vías terciarias en el país se caracterizan por tener bajos volúmenes de tráfico, existen casos especiales en donde el pavimento es sujeto a cargas significativas. Por lo tanto, el diseño, los materiales y las técnicas a investigación, entendida como la ejecución de estudios técnicos especializados por parte de universidades o centros de investigación en temas relacionados con materiales de carreteras, métodos de diseño, técnicas constructivas y/o técnicas de preservación y mantenimiento de vías, constituye una herramienta fundamental para garantizar la calidad final de los proyectos”. (Caro. S; Caicedo. B, 2017).*

Sin embargo, pese a las tecnologías mencionadas para estos proyectos que abren la brecha al desarrollo de los municipios, interconectando con las veredas y entre pueblos, buscando el crecimiento económico y mejores condiciones para la salida de sus productos agrícolas, es fundamental resaltar el hecho de que no todos los sectores poseen las mismas necesidades en cuanto a construcción de infraestructura vial de tercer orden, ya que debe obedecer a la necesidad individual conforme a las condiciones que requiere cada zona, así como ocurre con las vías de primer y segundo orden. Esto no quiere decir que las metodologías para diseño y construcción de estas vías sea de bajos estándares de calidad, ni tampoco que sea posible aplicar de forma indefinida un grupo limitado de “diseños tipo” (i.e. estructuras de pavimento con materiales y espesores predeterminados). Por esta razón, es necesario hacer estudios técnicos a los proyectos viales, que incluya la selección de materiales, los diseños de pavimentos y las técnicas constructivas más apropiadas para garantizar la confiabilidad mínima en el comportamiento de las tecnologías a utilizar y su calidad a largo plazo, con el fin de disminuir el riesgo del proyecto.

Ya mencionadas algunas alternativas tradicionales para la construcción y mejoramiento de las vías terciarias, se da paso al estudio e identificación de nuevas tecnologías como la arena-asfalto natural, este recibe el nombre comúnmente de Material Pétreo impregnado con Asfalto (MAPIA) o “asfáltitas”, este material es de tamaños (gravas o arenas) que están impregnados de ligante asfáltico que se destila de forma natural.

Este tipo de material se puede encontrar en Colombia en aproximadamente 26 minas, que se encuentran ubicadas en los Departamentos de Boyacá, Caldas, Caquetá, Cesar, Cundinamarca, Santander y Tolima.

*Figura 2. Vía con capa superficial en material de arena-asfalto natural de la mina Isaza (2011)*



*Nota. Tomado del artículo reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica. Adaptado de: ( Caro & Caicedo, 2017)*

*Figura 3. Mina Isaza de arena-asfalto natural en Norcasia, Caldas.*



*Nota. Tomado del artículo reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica. Adaptado de : ( Caro & Caicedo, 2017).*



Según Caro y Caicedo (2017) los estudios técnicos que se refieren al uso de este material (e.g. Samsonov, 2008; Widyatmoko and Elliott, 2008; Mehmet et al. 2011; Themeli et al., 2016, Themeli et al. 2017) en el país, diversas instituciones académicas, incluyendo la Universidad del Cauca, la Universidad Militar Nueva Granada, la Escuela Colombiana de Ingeniería, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de Antioquia, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) de Tunja y la Universidad de los Andes, entre otras, han estudiado algunos de estos materiales durante las últimas dos décadas (e.g. Vásquez, 2002; Méndez y Núñez, 2008, Peña, J.J., 2010, Sánchez, 2012, Ruíz et al., 2013; Ruíz et al., 2014, Chaparro y Gómez, 2000; León y Elsy, 2012, Alarcón, 2014). Lo que ha generado un interés en su utilización, siendo este una combinación de arenas (partículas de agregados de tamaños iguales o inferiores a 4,76 mm) y asfalto natural, denominado MAPIA (arena asfalto natural).

Este tipo de material que se define en este documento, fue estudiado por la Universidad de los Andes, quienes recolectaron y caracterizaron 5 muestras diferentes de un acopio donde se deposita la arena-asfalto natural de mejor calidad. El análisis de las muestras conllevó la cuantificación de las propiedades físicas, químicas, reológicas y mecánicas, así como en evaluar la variabilidad. Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio Integrado de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, pero algunos ensayos especializados, en especial ensayos químicos, mineralógicos y termodinámicos, se realizaron en el Laboratorio de Química de la Universidad de los Andes, en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, además, conto con la participación del Laboratorio de Caracterización Avanzada de Materiales de Infraestructura (ACIM Lab) de la Universidad de Texas A&M (Texas, Estados Unidos) y en el Centro para la Investigación de Asfaltos Modificados (MARC) de la Universidad de Wisconsin (Madison, Estados Unidos).

*Figura 4. Alto natural presente en las paredes de la mina.*



*Nota. Tomado del artículo reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica, Adaptado de: (Caro & Caicedo, 2017).*

*Figura 5. Material de MAPIA de la mina Isaza en Norcasia, Caldas.*



*Nota. Tomado del artículo Reparación. Sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica, Adaptado de: (Caro & Caicedo, 2017).*

En lo evidenciado en los renglones anteriores en cuanto a tecnologías se trata, se denota la necesidad de generar alternativas de materiales in situ, con el fin de reducir costos en el transporte de los mismos, ya que, pese a las necesidades de vías terciarias bien equipadas, el gobierno no genera los recursos suficientes para la construcción y mejoramiento de estas vías, lo que dificulta el transporte óptimo de los productos campesinos.

Por esta razón el INVIAS desarrollo un proyecto tipo de mejoramiento de vías terciarias para solucionar de manera ágil y eficiente los estándares de calidad de las entidades territoriales en la toma de decisiones para la construcción y mejoramiento de las vías terciarias. Esta metodología del Proyecto Tipo evalúa y selecciona, a través de una evaluación multicriterio, la mejor técnica de solución para el mejoramiento de las vías terciarias, para definir: (i) soluciones estructurales y (ii) soluciones funcionales de transitabilidad a lo largo de la vía y, por otro lado, las intervenciones puntuales y manejo del drenaje de agua: (i) tramos específicos para uso de placa huella, (i ) estabilización de taludes y (iii) obras de drenaje (alcantarillas, box culvert, cunetas, etc.).

Lo anterior permite orientar al sector de infraestructura vial a tener en cuenta las estrategias planteadas por el Proyecto Tipo, a través de las siguientes normas técnicas vigentes avaladas por el INVIAS, dispuestas en la Tabla 2.

*Tabla 2. Normas técnicas vigentes sobre el tratamiento tradicional para vías terciarias.*

<b>Tratamiento tradicional para vías terciarias.</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estabilización con Cal</b>	Este trabajo consiste en el mejoramiento de los suelos de sub- rasante mediante su mezcla homogénea con cal hidratada, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicadas en los documentos del proyecto.
<b>Estabilización con cemento</b>	<p>Consiste en el mejoramiento de los suelos de sub-rasante mediante su mezcla homogénea con cemento hidráulico, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicadas en los documentos del proyecto.</p> <p>El cemento mezclado con el suelo desarrolla una red de enlaces durante las reacciones de hidratación que proporciona a dicha mezcla, mayor capacidad portante y adicionalmente mejora la respuesta al contacto con el agua.</p> <p>El empleo de cemento portland en el mejoramiento de la base granular es una de las técnicas más difundidas, debido a la ventaja que tienen los suelos tratados con cemento, con relación al notable incremento de la resistencia mecánica de los materiales granulares utilizando esta técnica de estabilización.</p> <p>Sin embargo, también presenta algunas limitaciones como la aparición de grietas de contracción, lo cual depende del contenido de cemento y del carácter fino y plástico del suelo.</p>

Tabla 2. Continuación

<b>Estabilización mecánica y/o granulométrica</b>	Este trabajo consiste en la disgregación del material de la subrasante existente, el eventual retiro de parte de ese material, la adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto. Proceso de estabilización mecánica mediante la combinación del suelo de la subrasante natural de baja capacidad portante, con agregados pétreos de cantera para mejorar la granulometría del suelo y de esta manera su respuesta mecánica al comportamiento frente a la carga del tránsito. La adición de capas de nuevo material sobre el suelo existente en la vía, hace que los niveles de esfuerzo producidos por las cargas del tránsito se reduzcan a niveles admisibles.
<b>Estabilización con productos asfálticos</b>	Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos. Sobre estas bases, según el Highway Research Board (2010), existen 4 tipos de estabilización bituminosa de uso común, y de acuerdo con la composición física del suelo disponible en cada caso y la función del asfalto incorporado, las designa de la siguiente forma: a) Suelo-asfalto: es un sistema de suelo cohesivo a prueba de agua (impermeabilizado). Normalmente se utiliza como sellante y tratamiento superficial, sin aporte estructural. b) Arena-asfalto: es un sistema en el cual las arenas de río, que cumplen determinadas condiciones mínimas de estabilidad, son cementadas con material bituminoso. c) Estabilización granular impermeabilizada: es un método constructivo mediante el cual la mezcla granular que posee buenagraduación de partículas de gruesas a finas, es cementado e impermeabilizado mediante la distribución uniforme de pequeñas cantidades de asfalto. Esta es la estabilización bituminosa que se busca para esta alternativa en el presente PROYECTO TIPO. d) Suelo-aceitado (o emulsionado): es una superficie de camino de tierra o grava resistente al agua y a la abrasión del tránsito mediante la aplicación de asfaltos diluidos de curado lento y medio, o emulsiones asfálticas de rotura lenta. Al igual que el suelo-asfalto, se utiliza como sellante y tratamiento superficial, sin aporte estructural.
<b>Asfalto convencional</b>	Consiste en reutilizar materiales de capas asfálticas y granulares de pavimentos existentes.
<b>Mejoramiento con placa huella</b>	El pavimento con placa huella constituye una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo, con muy pocos buses y camiones al día y donde los mayores usuarios son los automóviles, camperos y motocicletas.
<b>Asfalto natural</b>	Consiste en las especificaciones particulares de construcción (sub base y base estabilizada con mezcla asfáltica natural) como alternativa de pavimentación en vías con bajos volúmenes de tránsito, categoría NT17.

Nota. Tomado del Plan Nacional de Vías para la Integración Regional Ministerio de Transporte. edición 50.679. miércoles, 8 de agosto de 2018.

Es importante orientar este Proyecto Tipo hacia el desarrollo de nuevas tecnologías para las vías de tercer orden, que poseen la particularidad de manejar bajos volúmenes de tránsito. Por esto se mencionan las nuevas alternativas que el INVIAS comparte en este Plan Nacional de Vías para la Integración Regional del Ministerio de Transporte. Esto se podrá visualizar en la Tabla 3.

*Tabla 3. Nuevas alternativas de materiales para el mejoramiento de vías terciarias con las especificaciones establecidas por el INVIAS.*

Alternativa	Descripción	Especificación INVIAS
Alternativa 1	Base estabilizada con cemento + lechada asfáltica.	Base estabilizada con cemento hidráulico Artículo 341-07. Lechada asfáltica Artículo 433-13.
Alternativa 2	Base estabilizada con cemento + tratamiento superficial doble.	Base estabilizada con cemento hidráulico 341-07. Tratamiento superficial doble Artículo 431-13.
Alternativa 3	Base estabilizada con emulsión asfáltica + lechada asfáltica.	Base estabilizada con emulsión asfáltica Artículo 340-13. Lechada asfáltica Artículo 433-13.
Alternativa 4	Base estabilizada con emulsión asfáltica + tratamiento superficial doble.	Base estabilizada con emulsión asfáltica Artículo 340-13. Tratamiento superficial doble Artículo 431-13.
Alternativa 5	Base estabilizada mecánicamente + lechada asfáltica.	Base granular Artículo 330-13. Lechada asfáltica Artículo 433-13.
Alternativa 6	Base estabilizada mecánicamente + tratamiento superficial doble.	Base granular Artículo 330-13. Tratamiento superficial doble Artículo 431-13.
Alternativa 7	Vía existente + lechada asfáltica.	Lechada asfáltica Artículo 433-13.
Alternativa 8	Vía existente tratamiento superficial doble.	Tratamiento superficial doble Artículo 431-13.

*Nota. Tomado de elaboración DNP con base en las especificaciones generales de construcción invias 2013.*

La placa huella se plantea como una alternativa de uso en tramos específicos donde se presentan sitios críticos o las condiciones topográficas del proyecto vial requieren la implementación de este tipo de medida, ya que esta alternativa garantiza transitabilidad para pendientes > 10 %.

**Etapas dos: metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias.****Estudio de MAPIA en Norcasia, Caldas:**

El MAPIA como fue mencionado anteriormente es un material que está compuesto por material pétreo impregnado con asfalto (Mapia) o “asfaltitas”, siendo una combinación de gravas y arenas impregnado de ligante asfáltico que es destilado de forma natural. El estudio de este producto contempló un plan experimental de caracterización que incluyó ensayos estandarizados no requeridos por las especificaciones actuales para los materiales de vías en el país, así como el desarrollo de nuevos ensayos (no-estandarizados) para determinar las propiedades mecánicas de la arena-asfalto y su desempeño esperado en campo. Según, Caro y Caicedo, (2017) respecto a los ensayos avanzados estandarizados, el estudio consideró, la determinación de la energía superficial libre del asfalto y de la arena, el análisis reológico, mediante el empleo de un reómetro dinámico al corte del asfalto recuperado en diferentes condiciones que simulan la vida útil del ligante y ensayos para la caracterización química del asfalto recuperado (ensayo de composición tipo SARA, ensayo de análisis térmico diferencial y espectrometría infrarroja con transformación de Fourier (FTIR)). Con la realización de nuevos ensayos se estableció una metodología para determinar por primera vez las propiedades reológicas y mecánicas de la arena-asfalto, siendo determinantes en el comportamiento del material en campo, esta fue la metodología de compactación diseñada por el grupo de trabajo, los que prepararon muestras del material que fueron precalentadas a diferentes temperaturas antes de su fabricación (temperaturas de compactación de 25 °C, 60 °C, 90 °C, 120 °C y 140°C), ensayadas en un equipo de alta precisión para determinar las propiedades mecánicas del material y su resistencia a los procesos de deterioro a los que éste se vería sometido en campo.

Dentro de los resultados más interesantes del estudio, se encuentran los siguientes en tabla 4:

Tabla 4. Resultados significativos del estudio de la MAPIA.

1	La determinación de las propiedades de los materiales mostró que existe una alta variabilidad entre las 5 muestras analizadas. Por esta razón, se recomendó realizar procesos de mezclado del material antes de su empleo, con el fin de promover su homogenización. Seguir esta recomendación es importante ya que el empleo del material sin homogeneizar para la construcción de diferentes tramos de la vía aumenta la incertidumbre de su desempeño a lo largo de la misma (Unos tramos podrían presentar menor durabilidad que otros).
2	Debido a su condición de material natural, se encontró que los asfaltos son muy susceptibles a cambios químicos durante su vida útil. Por esta razón, es fundamental cuantificar sus propiedades luego de ser sometidos a procesos que simulan su envejecimiento, con el fin de predecir su comportamiento durante la vida de servicio de la carretera.
3	Cuando el material se pre-calienta a temperaturas superiores a los 90°C, el módulo del material (La capacidad del material para soportar carga), puede aumentar en más 150%. Dadas las altas temperaturas en las zonas donde comúnmente se emplea este material, un aumento en el módulo es una condición deseable del material ya que permitiría controlar la aparición de deformaciones permanentes en el pavimento. Por esta razón, podría ser conveniente implementar procesos de pre-calentamiento antes de extender el material en la vía.
4	En general, los resultados permitieron confirmar que el material se puede emplear para la conformación de capas superficiales en vías con bajos volúmenes de tráfico y que éstos se podrían utilizar también en la fabricación de concreto asfáltico para vías con mayores exigencias de carga.

*Nota. Tomado del artículo reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica. Caro & Caicedo, (2017).*

Cabe resaltar que el estudio de diferentes alternativas tecnológicas permite identificar las condiciones apropiadas para el uso de este material local en obras de pavimentación, teniendo en cuenta que INVIAS no cuenta con las regulaciones o especificaciones para este tipo de materiales naturales.

**Estabilización de materiales granulares tipo lateríticos para la construcción de vías terciarias:**

En el país no posee la suficiente disponibilidad de materiales granulares de buena calidad que cumplan con las especificaciones técnicas del INVIAS siendo este uno de los mayores inconvenientes para la construcción de proyectos de infraestructura de vías secundarias y terciarias. Esto imposibilita a los departamentos localizados distantes, como es el caso del Vichada, región de la Orinoquia Colombiana, el transporte de materiales de mejor calidad desde otras regiones, lo cual disminuye la inversión en proyectos viales en estas áreas de Colombia.

En el caso del Departamento del Vichada, la mayoría de sus vías de comunicación departamental e interdepartamental son vías terciarias. Esto genera un traumatismo en el transporte de aproximadamente 500 toneladas de carga pesada por mes; entre ellos, materias primas, materiales de construcción, entre otros, lo cual está descrito en el Plan Vial Departamental del Vichada para el periodo 2011-2019, debido a su ineficiente infraestructura vial, que es afectada por las condiciones climáticas y al tipo de vehículos que se transportan por estas vías. Teniendo en cuenta las circunstancias, la Gobernación del Vichada, mediante el Programa Nacional de Regalías, contrató con la Fundación CEIBA (Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados) en el año 2015, donde a través de las Universidades de los Andes y Nacional determinaron la posibilidad de emplear suelos y materiales granulares que se encuentran en abundancia en este Departamento para la construcción de vías terciarias en esta región.

Este estudio permitió la caracterización completa sobre muestras de material recolectado en tres zonas diferentes del Departamento (La Primavera, Puerto Carreño, El Viento). Donde se determinó las propiedades de los materiales recogidos en campo y la evaluación de procesos de transformación de las propiedades de dichos materiales con el fin de que puedan ser utilizados en las vías. El ejercicio se realizó para analizar el efecto de la estabilización de materiales lateríticos a través de la adición de cemento hidráulico.



Figura 6. Material laterítico estabilizado al 2% (derecha) y 4% de cemento hidráulico (izquierdo).



Nota. Tomado del artículo *reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica*, adaptado de: (Caro & Caicedo, 2017).

Tabla 5. Procesos considerados para el mejoramiento o estabilización del material de estudio.

Procesos considerados para el mejoramiento o estabilización del material de estudio	
1	Estabilización de suelos arcillosos con el empleo de ceniza que resulta del cuesco de la palma africana.
2	Estabilización con cemento de materiales granulares tipo laterítico
3	Evaluación del empleo de material laterítico en la fabricación de concreto asfáltico paracarreteras.
4	El estudio también incluyó el desarrollo de metodologías para otorgar características impermeables a los materiales que se emplean en la conformación de terraplenes para las vías del Departamento, con el objetivo de protegerlos de las frecuentes inundaciones que se presentan en la región.

Nota. Tomado del artículo *reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica*, adaptado de: (Caro & Caicedo, 2017).

Debido a la abundancia del material tipo “laterita” o “lateríticos” en el Departamento del Vichada, y a que no cumple con las especificaciones para el empleo en carreteras por el INVIAS, se realizó la evaluación para mejorarlo mediante técnicas de estabilización. Debido a esto, se estudió el impacto que tiene la modificación con cemento de este tipo de material granular. Posteriormente, se realizó un estudio completo de las propiedades del material laterítico utilizando como base los ensayos para materiales granulares establecidos por el INVIAS y se procedió a la fabricación de especímenes del material estabilizado al 2, 4 y 6% de cemento hidráulico. (Caro y Caicedo, 2017).

*Tabla 6. Estudio completo para cuantificar las propiedades mecánicas del material estabilizado.*

1	Los resultados de este estudio permitieron corroborar que el material estabilizado con cemento mejora significativamente sus propiedades mecánicas y que éste puede ser empleado en la conformación de capas de base de estructuras de pavimento. Por ejemplo, los resultados del módulo del material estabilizado con la menor dosis de cemento (2%) mostró ser más de 20 veces superior, en promedio, al módulo del material sin estabilizar. Cuando se empleó un porcentaje de cemento del 6%, el módulo del material fue hasta 72 veces superior con respecto al material suelto o sin estabilizar.
2	La mejoría del material con la estabilización a partir de cemento también se reflejó en la resistencia del material ante condiciones de compresión (aumentos de la resistencia de 1.3, 3.0 y 8.0 veces con respecto al material suelto) y tensión (aumento de 232 % cuando se incrementa la adición de cemento de 2 a 4 % y aumento de 33 % cuando la adición de cemento aumenta de 4 a 6 %).
3	Se comprobó que el material posee una buena resistencia al efecto repetido de carga (efectos generados por la circulación del tráfico).

*Nota. Tomado del artículo reparación, sello de fisuras y grietas en pavimento flexible tratamiento superficial simple parcheo en superficie de rodadura asfáltica, adaptado de: (Caro y Caicedo, 2017).*

En este estudio, los resultados proveen confiabilidad sobre las condiciones bajo las cuales el material estabilizado puede ser empleado en vías y sobre el desempeño esperado del material a lo largo de la vida útil de la carretera. Esto permitirá al departamento el desarrollo de vías con mejores niveles de servicio y de mayor durabilidad. La implementación de dichas metodologías permitirá un uso más eficiente de los materiales existentes en la zona y de los pavimentos. Por otro lado, es necesario reconocer y dar valor a los esfuerzos que se han hecho en la búsqueda de las diferentes alternativas planteadas y los avances que se adelantan en cuanto a la generación de materiales que cumplan con las especificaciones y sean más económicos con el fin de disminuir costos ya que esa es una dificultad que se establece a la hora de planear, formular y ejecutar proyectos de obra civil en la red vial terciaria, por los procesos contractuales y el presupuesto con el que cuentan las entidades, lo cual se convierte en una necesidad del mercado y la academia, el estudiar e investigar nuevas alternativas para ofertar un mayor abanico de posibilidades y que sean asequibles, ya que normalmente estas zonas que requieren inversión en vías terciarias se encuentran en municipios lejanos a los que le es menos rentable transportar los materiales que se requieren para las obras civiles ya mencionados en los capítulos anteriores y por ende su inversión es mayor.

### **Nuevas Tecnologías para la Construcción y Mejoramiento de las Vías Terciarias:**

Caro y Caicedo (2017) argumentan que, para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias, se utiliza normalmente la adición de material granular de afirmado, ocasionando que haya reducción en la aplicabilidad de otras tecnologías, centrándose en la construcción de placa huella o pavimentación con concreto hidráulico o asfáltico.

Sin embargo, en algunos departamentos del país, como Santander, Caquetá, Boyacá y ciertas zonas del eje cafetero, se está implementando el uso de asfaltitas. por otro lado, en el departamento del Meta y la Orinoquía, se usa frecuentemente la estabilización química de suelos, sea con cal, cemento, polímeros o aditivos químicos, acompañado algunas veces de tratamientos superficiales, dobles o múltiples. En el caso de las zonas costeras se aplica la estabilización o mejoramiento de suelos de sub-rasantes pobres, adicionando cemento y suelos de mejor calidad, es de uso acostumbrado, para solucionar los problemas de humedad del suelo y baja capacidad portante.

**Caso Dorada-Norcasia:**

El asfalto natural (Mapia) se ha implementado en diferentes vías en Colombia, un ejemplo claro, es la vía Dorada-Norcasia y la vía La Esperanza- El Arbolito-Tabacal, donde se realiza el mantenimiento y mejoramiento de estructuras de contención de drenaje y de la estructura del pavimento con este material. (Caro y Caicedo, 2017). Su aplicación y cambio significativo en las vías, se puede observar en las Figuras 7 y 8.

*Figura 7. Antes y Después de la vía La Dorada – Norcasia con material MAPIA.*



*Nota. MAPIA una alternativa competitiva y ecológica en carpetas asfálticas, sept. 2011.*

*Figura 8. Antes y Después de la vía La Esperanza – El Arbolito – Tabacal con material MAPIA.*



*Nota. Una alternativa competitiva t ecológica en carpetas asfálticas, septiembre 201*

Como se puede observar, se muestra la diferencia entre la intervención con material MAPIA y asfalto convencional en varias vías del departamento de Caldas. En esta imagen se evidencia una disminución del valor del km que se tiene estandarizado en Colombia, pues alrededor de un kilómetro está costando entre los 1.000 y 1.200 millones de pesos; para la vía La Esperanza – El Arbolito – Tabacal el kilómetro fue pavimentado a 363 millones de pesos y para el tramo La Dorada – Norcasia el kilómetro fue pavimentado a 290 millones de pesos (ARISTA Ingeniería, 2011). La economía de estos tramos fue más económica por el valor del transporte de los materiales, habitualmente, el costo del transporte de materiales representa el mayor porcentaje con respecto al total del presupuesto de dicho proyecto, y aún más cuando las intervenciones son en aquellas regiones alejadas de las cabeceras municipales y de las principales ciudades del país. (Caro y Caicedo, 2017).

### **Caso Departamento del Vichada:**

En el año 2015, en el Departamento de Vichada, en convenio con la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia evaluaron el empleo de suelos y materiales granulares, en donde se producen este tipo de material para la construcción de sus vías terciarias (que consistió en identificar, caracterizar y modificar materiales locales).

Adicionalmente, se contrató a la Fundación Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados (CEIBA), por medio del Programa Nacional de Regalías.

Los resultados arrojados por la investigación a través de una caracterización completa sobre las muestras de material recolectado en La Primavera, Puerto Carreño y El viento, determinaron que para hacer esos materiales competentes se deben considerar los siguientes procesos de mejoramiento o estabilización (Caro y Caicedo, 2017): Estabilizar el suelo arcilloso por medio de ceniza, la cual resulta del cuesco de la palma africana, estabilización con cemento de materiales granulares tipo lateríticos y el empleo del material laterítico en la fabricación de concreto asfáltico para carreteras.

En contexto, en el departamento del Vichada, predominan las vías terciarias, y estas se encuentran en mal estado debido, mayormente, por los tipos de vehículos que transitan en ellas y las condiciones climáticas.

*Figura 9. Vía construida con material tipo laterítico en el Departamento del Vichada.*



*Nota. Tecnologías para vías terciarias: Perspectivas y experiencias desde la academia – adaptado de: (SilviaCaro y Bernardo Caicedo).*

*Figura 10. Fotografías de las pruebas del material laterítico que se estabilizó con cemento hidráulico al 2% (derecha) y al 4% (izquierda).*



*Nota. Tecnologías para vías terciarias: Perspectivas y experiencias desde la academia – adaptado de: (SilviaCaro y Bernardo Caicedo).*

En el periodo comprendido entre el 2016-2017, además de los estudios mencionados (Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia), existe un proyecto entre la Universidad Nacional y el Ministerio de Transporte, para la identificación y caracterización de materiales locales en zonas de posconflicto, el cual es expuesto en el artículo “Desafíos para el desarrollo de la red vial terciaria en el posconflicto” elaborado por la Doctora en ingeniería Carol Andrea Murillo. Como resultados de estos estudios se determinó la gran variabilidad de los suelos naturales en sus características propias, aun cuando son de la misma región, y arrojó que poseen una baja resistencia mecánica, lo que los haría ineficaces para ser empleados como estructuras de pavimento.

Sin embargo, el estudio estableció un proceso de estabilización de los suelos mejorando las propiedades mecánicas, además, como producto se desarrolló una guía específicamente para la región de Putumayo y Cauca.

## Resultados

Tabla 7. Sección de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo relacionado
<p><b>Caso departamento del Vichada Estudio de material laterítico:</b></p> <p>A través de una caracterización completa sobre las muestras recolectadas en La Primavera, Puerto Carreño y El viento, determinaron que para hacer esos materiales competentes se deben tener en cuenta los siguientes procesos de mejoramiento o estabilización:</p> <p>Estabilizar el suelo arcilloso por medio de ceniza, la cual resulta del cuesco de lapalma africana, estabilización con cemento de materiales granulares tipo lateríticos Empleo del material laterítico en la fabricación de concreto asfáltico para carreteras.</p> <p>El material estabilizado con cemento mejora significativamente sus propiedades mecánicas y éste puede ser empleado en la conformación de capas de base de estructuras de pavimento.</p> <p>La mejoría del material con la estabilización a partir de cemento demostró la resistencia del material ante condiciones de compresión (aumentos de la resistencia de 1.3, 3.0 y 8.0 veces con respecto al material suelto) y tensión (aumento de 232 % cuando se incrementa la adición de cemento de 2 a 4 % y aumento de 33 % cuando la adición de cemento aumenta de 4 a 6 %).</p> <p>Se comprobó que el material posee una buena resistencia al efecto repetido de carga (efectos generados por la circulación del tráfico).</p> <p>Prueba:</p> <p>Los resultados del módulo del material estabilizado con la menor dosis de cemento (2%) mostró ser más de 20 veces superior, en promedio, al módulo del material sin estabilizar. Cuando se empleó un porcentaje de cemento del 6%, el módulo del material fue hasta 72 veces superior con respecto al material suelto o sin estabilizar.</p>	<p>Metodología de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias</p> <p>Análisis y cuantificación de las propiedades mecánicas del material estabilizado</p>	<p>Definir las metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias.</p> <p>Analizar tres casos que propiciaron los proyectos de construcción y mejoramiento de vías terciarias según las tecnologías aplicadas en Colombia.</p>



Tabla 7. Continuación,

<p><b>Caso Norcasia-Caldas Estudio de la MAPIA:</b></p> <p>Combinación de arenas (partículas de agregados de tamaños iguales o inferiores a 4,76 mm) y asfalto natural, denominado MAPIA (arena-asfalto natural).</p> <p>La determinación de las propiedades de los materiales mostró que existe una alta variabilidad entre las 5 muestras analizadas. Por esta razón, se recomendó realizar procesos de mezclado del material antes de su empleo, con el fin de promover su homogenización. Seguir esta recomendación es importante ya que el empleo del material sin homogeneizar para la construcción de diferentes tramos de la vía aumenta la incertidumbre de su desempeño a lo largo de la misma (Unos tramos podrían presentar menor durabilidad que otros).</p> <p>Debido a su condición de material natural, se encontró que los asfaltos son muy susceptibles a cambios químicos durante su vida útil. Por esta razón, es fundamental cuantificar sus propiedades luego de ser sometidos a procesos que simulan su envejecimiento, con el fin de predecir su comportamiento durante la vida de servicio de la carretera.</p> <p>Cuando el material se pre-calienta a temperaturas superiores a los 90°C, el módulo del material (La capacidad del material para soportar carga), puede aumentar en más 150%. Dadas las altas temperaturas en las zonas donde comúnmente se emplea este material, un aumento en el módulo es una condición deseable del material ya que permitiría controlar la aparición de deformaciones permanentes en el pavimento. Por esta razón, podría ser conveniente implementar procesos de pre-calentamiento antes de extender el material en la vía.</p> <p>En general, los resultados permitieron confirmar que el material se puede emplear para la conformación de capas superficiales en vías con bajos volúmenes de tráfico y que éstos se podrían utilizar también en la fabricación de concreto asfáltico para vías con mayores exigencias de carga.</p>	<p>Metodología de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias</p> <p>Análisis y cuantificación de las propiedades físicas, químicas, reológicas y mecánicas, así como evaluar la variabilidad</p>	<p>Definir las metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias.</p> <p>Analizar tres casos que propiciaron los proyectos de construcción y mejoramiento de vías terciarias según las tecnologías aplicadas en Colombia.</p>
---	---	---

Tabla 7. Continuación

<p>Proyecto de estudio en zonas de posconflicto. Como resultados de estos estudios se determinó la gran variabilidad de los suelos naturales en sus características propias, aun cuando son de la misma región, y arrojó que poseen una baja resistencia mecánica, lo que los haría ineficaces para ser empleados como estructuras de pavimento.</p> <p>El estudio estableció un proceso de estabilización de los suelos mejorando las propiedades mecánicas, además, como producto se desarrolló una guía específicamente para la región de Putumayo y Cauca.</p>	<p>Metodología de diseño para el mejoramiento y construcción de vías terciarias</p> <p>Identificación y caracterización de materiales locales en zonas de posconflicto</p>	<p>Identificar las tecnologías que se utilizan actualmente para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias a nivel nacional.</p> <p>Analizar tres casos que propiciaron los proyectos de construcción y mejoramiento de vías terciarias según las tecnologías aplicadas en Colombia.</p>
--	--	---

*Nota. Resultados de los casos estudiados.*

## Impactos

Tabla 8. Impactos

Aspecto	Impacto	Plazo
Económico, académico, tecnológico y mecánico	<p><b>Caso departamento del Vichada Estudio de material laterítico</b></p> <p>Innovación en material laterítico, debido a la abundancia del material tipo “laterita” o “lateríticos” en el Departamento del Vichada, y a que no cumple con las especificaciones para el empleo en carreteras por el INVIAS, se realizó la evaluación para mejorarlo mediante técnicas de estabilización.</p> <p>Se estudió el impacto que tiene la modificación con cemento de este tipo de material granular. Luego, se realizó un estudio completo de las propiedades del material laterítico utilizando como base los ensayos para materiales granulares establecidos por el INVIAS y se procedió a la fabricación de especímenes del material estabilizado al 2, 4 y 6% de cemento hidráulico.</p>	Corto y mediano, plazo
Económico, académico, tecnológico y mecánico	<p><b>Caso Norcasia-Caldas Estudio de la MAPIA</b></p> <p>Se muestra la diferencia entre la intervención con material MAPIA y asfalto convencional en varias vías del departamento de Caldas (Figura 7 y 8). Se evidenció una disminución del valor del km que se tiene estandarizado en Colombia, pues alrededor de un kilómetro está costando entre los 1.000 y 1.200 millones de pesos; para la vía La Esperanza</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Arbolito – Tabacal el kilómetro fue pavimentado a 363 millones de pesos y para el tramo La Dorada – Norcasia el kilómetro fue pavimentado a 290 millones de pesos.</li> </ul>	Corto y mediano, plazo

Nota. Impactos de los casos estudiados

## Conclusiones

El análisis documental de las tecnologías tradicionales y actuales para la construcción y mejoramiento de la red terciaria permitió visualizar las alternativas ya establecidas por el INVIAS y los estudios académicos que han arrojado buenos resultados para la aplicación de la mismas, sin embargo, como se evidencio no existe una tecnología de empleo universal y un conjunto limitado de tecnologías que puedan ser aplicadas de forma sistemática a las diferentes regiones del país, ya que posee variedad de suelos y de climas que caracterizan el territorio colombiano, aunque se puede desarrollar un estudio donde se seleccione una o varias tecnológasteniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto. Por otro lado, la academia ha brindado aportes significativos en cuanto a alternativas haciendo uso de las características y materiales in situ y los procesos de ingeniería para el análisis y pruebas de materiales, que cumplan con las especificaciones requeridas por el INVIAS, ya que las vías terciarias requieren mayor esfuerzo institucional y presupuestal, el cual no poseen en su totalidad las entidades territoriales municipales y departamentales y limita aún más su conectividad con otras regiones yáreas del país.

En cuanto a las metodologías de diseño para el mejoramiento y construcción de las vías terciarias se debe tener en cuenta el cumplimiento de las especificaciones establecidas por el INVIAS, entidad que reglamenta las normas técnicas de tratamientos tradicionales y alternativas de materiales para el mejoramiento de las vías terciarias, sin embargo, existen factores limitantes como las condiciones de los territorios que afecta el establecimiento de nuevas alternativas y aplicar las existentes debido a la falta de gestión institucional y recursos, esto imposibilita el mejoramiento y construcción de las vías terciarias y el transporte de los materiales a las zonas donde sea requerido, según lo estudiado en los casos del municipio de Norcasia y en el departamento del Vichada, lo cual implica el desarrollo de estudios de los suelos de la zona, de las condiciones ambientales y climáticas y de las condiciones proyectadas de carga que debe soportar la vía en la vida útil de servicio, para garantizar que los proyectos sean acorde a los requerimientos, las tecnologías seleccionadas deben adaptarse a las realidades locales de cada región. Por consiguiente, se hace necesario hacer uso en lo posible de materiales locales como se evidencio en los estudios de la MAPIA y del material laterítico.

Por último, en los casos estudiados en Norcasia (Caldas) y el departamento del Vichada se

identificó las nuevas tecnologías que se desarrollaron con el objetivo de mejorar y construir las vías terciarias de su región ya que son vitales para el desarrollo regional de un país. Teniendo en cuenta que las regiones del país cuentan con diversidad de suelos y condiciones climáticas.

No obstante, es fundamental resaltar el hecho de que no todos los sectores poseen las mismas necesidades en cuanto a construcción de infraestructura vial de tercer orden, ya que debe obedecer a la necesidad individual conforme a las condiciones que requiere cada zona, lo cual se estudió a través del análisis de la arena-asfalto natural, (MAPIA) o “asfáltitas” en Norcasia- Caldas, que conllevó a la cuantificación de las propiedades físicas, químicas, reológicas y mecánicas, así como en evaluar la variabilidad y mejorar las condiciones de las vías, y en el departamento del Vichada también incluyó el desarrollo de metodologías para otorgar características impermeables a los materiales que se emplean en la conformación de terraplenes para las vías del Departamento, con el fin de protegerlos de las acostumbradas inundaciones que se presentan en la región.

### Referencias bibliográficas

- Alarcón, 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*. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15205/1/AN%C3%81LISIS%20CANTIDAD%20Y%20ESTADO%20DE%20LAS%20V%C3%80AS%20TERCIARIAS%20EN%20COLOMBIA%20OPORTUNIDAD%20DE%20INGENIERIA%20CIVIL%202011%202017.pdf>
- Argos. (2020). *Nuevos productos soluciones innovadoras*, <https://colombia.argos.co/nuevos-productos-soluciones-innovadoras/>
- Caicedo, S. C. (2017). *Tecnologías para Vías Terciarias: Perspectivas y*. revista de ingeniería.45 12-21, <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.45.3>
- Castro Padilla, A.C.(2019). Análisis de los métodos de reciclaje en caliente y frío aplicados a concreto asfáltico, para la utilización en carpeta de rodadura en vías terciarias entre los años 2011-2017 en Colombia, [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15283/2/2019\\_analisis\\_frio\\_rodadura.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15283/2/2019_analisis_frio_rodadura.pdf)
- Cuervo, C. D. (2019). *Procesos de aplicación de nuevas tecnologías de mejoramiento de estructuras en pavimentos*, [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11293/3/2019\\_apoyo\\_empresa\\_ainc](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11293/3/2019_apoyo_empresa_ainc)
- Departamento Nacional de Planeación (2017). *Mejoramiento de Proyectos Tipo. Soluciones ágiles para un nuevo país*. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viasterciarias/ptviasterciarias.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación, (2019). *Reporte global de competitividad*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Reporte-Global-de-Competitividad.pdf>
- Departamento nacional de Planeación. (agosto de 2016). *Mejoramiento de vias terciarias mediante el uso de placa huella*, <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/placahuella/ptplacahuella.pdf>

- Martínez, E. O. (2017). Esquema de mantenimiento y mejoramiento en vías terciarias: volumen N° 45 pp 52-57. <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/941>,
- Moreno, F. V. (2016). Acciones de Mejora al Proceso de Reciclaje en Frío de Pavimentos con Asfalto Espumado en Colombia, [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14445/u729672.pdf?sequence=1>
- Murillo, C. A. (2017). *Desafíos para el desarrollo de la Red Vial Terciaria en el. Posconflicto.* 45 32-38, <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.45.5>
- Narváez, L. (2017). *vías terciarias: motor del desarrollo económico rural.* <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.45.11o.pdf>
- Torres, Y. D. (2018). utilización de asfalto natural en la construcción de pavimentos en colombia. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio. [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17358/SanchezTorresYizethD](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17358/SanchezTorresYizethDayan%20a2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y)