

**GUÍA PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES  
ADAPTADA A LAS CONDICIONES DE BIODIVERSIDAD GEOGRÁFICA DE  
COLOMBIA**



**Ing. ELISA MARÍA AVELLANEDA DÍAZ**

**Ing. LAURA NATALIA CASTIBLANCO ARANZALEZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS**

**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN TERRITORIAL Y AVALÚOS**

**BOGOTÁ D.C**

**2021**

**GUÍA PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES  
ADAPTADA A LAS CONDICIONES DE BIODIVERSIDAD GEOGRÁFICA DE  
COLOMBIA**

**Ing. ELISA MARÍA AVELLANEDA DÍAZ**

**Ing. LAURA NATALIA CASTIBLANCO ARANZALEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTAS EN  
GESTIÓN TERRITORIAL Y AVALÚOS**

**LÍNEA TEMÁTICA: GESTIÓN TERRITORIAL - IMPACTOS A LA  
INFRAESTRUCTURA**

**DIRECTOR: MSc. JAIME DUARTE CASTRO**

**CODIRECTOR: PhD. CAMILO LESMES FABIAN**

**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS**

**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN TERRITORIAL Y AVALÚOS**

**BOGOTÁ D.C**

**2021**

Nota de aceptación

---

---

---

Director de la investigación

---

MSc. Jaime Duarte Castro

---

Firma del jurado

Bogotá, 25 de febrero de 2021.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a Dios, porque ha sido el autor de mi vida y mi destino. De manera especial a mis padres Julio y Yanira, quienes han sido el mayor apoyo a lo largo de mi vida, por sus sacrificios, amor incondicional, formación en valores y constante confianza en mí y mis capacidades, ya que gracias a ellos hoy he podido llegar hasta aquí, a su vez a mi abuela Leo quien en vida me acompañó e inspiró para día a día seguir luchando por mis sueños, por hacerme entender que las barreras solo son mentales y que la vida se afronta con templanza y verriquera.

Adicional, a mis demás familiares, amigos y docentes aquellos que a lo largo de mi vida han contribuido en mi formación tanto personal como profesional.

**Ing. Elisa Maria Avellaneda Díaz.**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de grado primeramente a mi mamá Judith Astrid, porque ella siempre ha sido mi apoyo incondicional, y es la persona que nunca ha dejado de creer en mí, ayudándome a llegar hasta aquí, demostrando su fuerza, resistencia, valentía y amor como una inspiración para seguir adelante y no desfallecer. De manera especial a mis dos abuelitas Rosalba y Lilia, y mis dos abuelitos Israel y Gustavo, porque es un honor poder cumplir un sueño más junto a ustedes, y han sido las personas que también han evidenciado todo mi esfuerzo y dedicación.

Adicionalmente a mi pareja, demás familiares y allegados, ya que son conscientes de lo importante que significa para mí culminar esta etapa, pues fueron partícipes y presentes en este proceso.

**Ing. Laura Natalia Castiblanco Aranzalez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que contribuyeron con sus conocimientos para que el presente trabajo de grado se culminara de manera exitosa. De manera especial a los dos docentes que guiaron esta investigación por su paciencia y constante contribución.

También, a nuestra hermana y amiga Daniela Avellaneda por su aporte en la selección del estudio de caso de este trabajo de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVOS .....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
5. ESTADO DEL ARTE .....	17
5.1 PROYECTOS VIALES EN COLOMBIA .....	17
5.2 INSTITUCIONES A CARGO DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES .....	18
5.3 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS INTERNACIONALES .....	19
5.3.1 Greenroads.....	19
5.3.2 GreenLITES.....	20
5.3.3 Invest- FHWA.....	20
5.3.4 Sustainable Roads- Federación de carreteras de la Unión Europea (EFR).....	21
5.4 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS NACIONALES .....	22
5.4.1 Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial.....	22
5.4.2 Proyectos de infraestructura vial en Colombia: aplicabilidad de los sistemas de certificación sostenible.....	22
6. METODOLOGÍAS ESTUDIADAS.....	24
6.1 UNIFICACIÓN DE INDICADORES POR TÉRMINOS SEMEJANTES PARA LAS CUATRO METODOLOGÍAS ESTUDIADAS.....	32
6.2 CLASIFICACIÓN DE INDICADORES DE ACUERDO A LAS CATEGORÍAS PROPUESTAS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES .....	35
6.2.1 Categoría ambiental.....	36
6.2.1.1 Requerimientos pre-evaluación .....	36
6.2.2 Categoría económica.....	36
6.2.2.1 Requerimientos pre-evaluación .....	37
6.2.3 Categoría funcional y sociocultural .....	37
6.2.3.1 Requerimientos pre-evaluación .....	37
6.2.4 Categoría avance del proceso .....	38
6.2.4.1 Requerimientos pre-evaluación .....	38

6.2.5	Categoría nivel de seguridad .....	38
6.2.5.1	Requerimientos pre-evaluación .....	39
7.	GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES PROPUESTA POR LAS AUTORAS .....	40
7.1	CATEGORIZACIÓN DE INDICADORES POR NOMENCLATURA.....	40
7.2	MATRIZ DE LA GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES .....	46
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	51
8.1	GENERALIDADES DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN BOYACÁ .....	52
8.2	ESTUDIO DE CASO .....	53
8.2.1	Santiago de Tunja (Boyacá) .....	54
8.2.1.1	Variables climáticas .....	55
8.2.1.2	Clasificación hidrográfica .....	55
8.2.1.3	Geología .....	56
8.2.1.4	Uso potencial .....	58
8.2.1.5	Conflictos de uso del suelo .....	58
8.2.2	Chivatá (Boyacá) .....	59
8.2.2.1	Variables climáticas .....	60
8.2.2.2	Clasificación hidrográfica .....	61
8.2.2.3	Geología .....	62
8.2.2.4	Uso potencial .....	64
8.2.2.5	Conflictos de uso del suelo .....	64
8.2.3	Sistema electrónico de contratación pública (SECOP) .....	65
9.	APLICACIÓN DE LA GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN EL ESTUDIO DE CASO .....	66
10.	ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	71
10.1	DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN .....	72
10.2	ESTRATEGIAS SOSTENIBLES .....	76
11.	CONCLUSIONES .....	82
12.	RECOMENDACIONES .....	84
13.	ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	85
14.	BIBLIOGRAFÍA .....	90

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metodología Greenroads.....	24
Tabla 2. Metodología GreenLITES.....	26
Tabla 3. Metodología Invest.....	27
Tabla 4. Metodología Sustainable Roads.....	30
Tabla 5. Propiedad y criterios de cada una de las metodologías. ....	32
Tabla 6. Criterios e indicadores unificados metodología Greenroads.....	32
Tabla 7. Criterios e indicadores unificados metodología GreenLITES.....	33
Tabla 8. . Criterios e indicadores unificados metodología Invest.....	33
Tabla 9. Criterios e indicadores unificados metodología Sustainable Roads.....	34
Tabla 10. Propiedad y criterios de cada una de las metodologías luego de ser unificados. .....	35
Tabla 11. Categorización de los requerimientos e indicadores con su respectiva nomenclatura.....	41
Tabla 12. Formato de evaluación de la guía de sostenibilidad en proyectos viales. ....	47
Tabla 13. Rangos de calificación de indicador y requerimiento.....	50
Tabla 14. Ranking de evaluación de la nueva guía de sostenibilidad en proyectos viales. .....	50
Tabla 15. Red Vial del Departamento de Boyacá.....	52
Tabla 16. Suelos en conflicto de uso. ....	58
Tabla 17. División de cuencas hidrográficas. ....	62
Tabla 18. Conflicto de uso del suelo. ....	64
Tabla 19. Evaluación de la sostenibilidad en el proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”, a partir de la guía propuesta por las autoras. .....	67
Tabla 20. Estado de la evaluación del proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”. ....	70
Tabla 21. Propuestas de sostenibilidad para el proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”. ....	77

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Municipio de Santiago de Tunja. ....	54
Imagen 2. Municipio de Chivatá. Fuente: Noticias Caracol.....	60
Imagen 3. Inicio de la vía Tunja- Chivatá. ....	
Imagen 4. Final de la vía Tunja- Chivatá.....	66
Imagen 5. Estado inicial de la vía Tunja- Chivatá. ....	86
Imagen 6. Plantas de producción de asfalto en la vía Tunja- Chivatá. ....	86
Imagen 7. Obras de estabilización de taludes en la vía Tunja- Chivatá.....	86
Imagen 8. . Obras de drenaje en la vía Tunja- Chivatá.....	86
Imagen 9. Zonas sociales en la vía Tunja- Chivatá. ....	87
Imagen 10. Conectividad educacional en la vía Tunja- Chivatá.....	87
Imagen 11. Despacho de buses de servicio público urbano en la vía Tunja- Chivatá.....	87
Imagen 12. Conectividad recreacional en la vía Tunja- Chivatá. ....	87
Imagen 13. Acceso para bicicletas en la vía Tunja- Chivatá.....	88
Imagen 14. Acceso para bicicletas en la vía Tunja- Chivatá.....	88
Imagen 15. Transitabilidad de vehículos de carga pesada en la vía Tunja- Chivatá.....	88
Imagen 16. Empresa dedicada a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos en la vía Tunja- Chivatá.....	88
Imagen 17. Estado final de la vía Tunja- Chivatá.....	89

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Red Vial del Departamento de Boyacá. ....	53
Mapa 2. Localización del proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”. ....	54

## RESUMEN

Los proyectos de infraestructura vial inciden en el crecimiento y desarrollo de los países, ya que integran la planificación vial como un conglomerado de diferentes propósitos o características las cuales aumentan la competitividad entre los territorios, satisfaciendo las necesidades de transitabilidad de vehículos, personas, carga, entre otros; a pesar de lo anterior, dichos proyectos viales también acarrear impactos ambientales y en algunos casos sociales y/o económicos. En ese orden de ideas, el presente documento tiene como objetivo plantear una guía para evaluar la sostenibilidad en las vías, integrando las condiciones de biodiversidad geográfica con las que cuenta el país, dicha guía se consolida a partir del estudio y unificación de cuatro metodologías internacionales que tratan la sostenibilidad en proyectos viales, las autoras establecen cinco tipos de categorías, cada una con determinado número de requerimientos pre-evaluación e indicadores que tiene un fundamento y objetivo característico de evaluación, la guía se validó mediante la aplicación de un estudio de caso, allí se determinó el porcentaje de sostenibilidad del proyecto, razón por la que para aumentar el anterior porcentaje las autoras plantearon estrategias sostenibles.

Finalmente, se identificó que la aplicabilidad de la guía es amplia, ya que se puede implementar en diferentes estudios de caso y tipos de vías, siempre y cuando se realice un amplio y detallado reconocimiento de la zona, convirtiéndose en una herramienta de gestión integral del territorio, la cual puede ser empleada por los entes gubernamentales y/o cualquier persona natural.

### **Palabras claves**

- Proyecto vial.
- Sostenibilidad.
- Metodología.
- Evaluación.
- Indicador.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al acelerado crecimiento poblacional y la gran necesidad de satisfacer las necesidades básicas de los pobladores y de las nuevas generaciones, la inversión en infraestructura ha tenido que mantenerse a la par y de manera paralela a dicho crecimiento, razón por la cual, el mundo está invirtiendo 2.5 billones de dólares para la construcción o mejoramiento de sistemas de energía, agua, telecomunicaciones y transporte (FHWA, 2014). De manera particular, los proyectos viales influyen en el crecimiento y desarrollo de los países, obedeciendo a la planificación vial, que es un proceso en el que se establece el propósito de construcción o de intervención para mejorar las características y/o condiciones de las vías.

Los países desarrollados realizan una mayor inversión en la construcción de infraestructura vial, ya que su crecimiento poblacional es superior. De manera global se puede evidenciar que el tráfico vial que se estima para 2050 es aproximadamente con 43 billones de vehículos (España Cio, 2019). Debido a esto, se puede inferir que para los siguientes años se presentará un fenómeno masivo de construcción de vías, que desencadena en la demanda de materia prima, cambios en el paisaje, fragmentación de hábitats, contaminación de aguas e interrupción de cauces, entre otros (Copina, M, 2019).

Por otra parte, la extracción de materias primas, la producción de materiales y el desarrollo de proyectos viales (procesos constructivos) generan una huella de carbono, impactando negativamente el ambiente. Razón por la que se estima, que el sector transporte genera el 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que se puede afirmar que es un sector que impulsa el cambio climático (Banco Mundial, 2017). En ese orden de ideas, es importante resaltar que son variados los beneficios que trae para una población el construir o realizar el mejoramiento y/o mantenimiento de una malla vial, por ejemplo, la reducción de tiempos de desplazamiento, el aumento de la velocidad promedio de tránsito, incluso, la disminución de costos de operación, la generación de empleo, asimismo, se destaca el crecimiento económico, la conectividad operativa que genera

desarrollo, elevando las condiciones de calidad de vida y el reconocimiento a un municipio, tanto para el transporte de personas, como el de carga.

De igual manera, la construcción de proyectos viales supone satisfacer múltiples necesidades, mediante la construcción de diferentes obras, donde se establecen métodos para realizar la respectiva valoración ambiental, económica y social, teniendo en cuenta la relación costo beneficio, y la identificación y evaluación de impactos.

Considerando lo anteriormente mencionado, el presente trabajo de grado tiene como objetivo plantear una guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales adaptada a la biodiversidad geográfica de Colombia, estableciendo el compendio de categorías e indicadores se evidencian las fortalezas y falencias que se tiene en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, aplicando la nueva guía de evaluación en un estudio de caso con el fin de proponer medidas que se encuentren en pro del ambiente, como estrategias sostenibles que ayuden a optimizar el consumo de los recursos que este tipo de proyectos demandan, generando bienestar social y de esta manera no sobreutilizando la oferta ambiental. Ahora bien, es relevante mencionar que el alcance del proyecto comprende desde la comparación de las metodologías de sostenibilidad, hasta lo que se contempla como la presentación de estrategias sostenibles. Es decir, que las autoras no se comprometen a entregar planes de manejo ambiental sobre el proyecto vial, ni planes de mejora vial.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Colombia es un país biodiverso y por lo tanto cuidar su riqueza natural es una misión de todos, usualmente cuando se desarrollan proyectos de infraestructura solo se tiene en cuenta la relación costo - beneficio expresado únicamente en términos económicos, dejando de lado los factores ambiental y social, motivo por el cual no se desarrollan proyectos sostenibles. Considerando, la ubicación geográfica privilegiada con la que cuenta el país, la cual es la suma de diferentes factores como, la variedad climática y la gran biodiversidad que posiciona a Colombia (Minambiente, 2019) como el primer lugar del mundo con más diversidad de aves y orquídeas, el segundo con mayor diversidad de anfibios, peces dulceacuícolas, anfibios y mariposas, el tercero con mayor diversidad de palmas y reptiles, y el cuarto con mayor diversidad en mamíferos. En ese orden de ideas, según el Ministerio de Ambiente<sup>1</sup> Colombia es el segundo país más biodiverso del mundo, razón suficiente para promover la integración de prácticas constructivas que fomenten el progreso de la sostenibilidad, ligada a una visión de adecuada gestión del territorio, proponiendo estrategias y/o soluciones ambientalmente sostenibles que ayuden a optimizar el consumo de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos.

---

<sup>1</sup> PRENSA, S. (2019). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Cuando se desarrollan proyectos viales se obtienen beneficios y afectaciones, destacando el crecimiento económico y la conectividad operativa que genera desarrollo, elevando las condiciones de calidad de vida y el reconocimiento a un municipio, tanto para transporte de personas como de carga. Otros impactos, son la fragmentación de un ecosistema y en consecuencia de esto el impacto tanto para la fauna como para la flora endémica de cada zona, el gran consumo de agua, la modificación en el uso de suelo y las grandes emisiones de gases tipo efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto permite generar una guía de evaluación de sostenibilidad que permita medir cada uno de los criterios importantes (sociales, económicos, técnicos, ambientales y de seguridad) albergando las condiciones propias de Colombia. Actualmente Colombia no cuenta con una metodología de evaluación de sostenibilidad, así que el cumplimiento de este proyecto será una contribución a los entes territoriales y/o gubernamentales de manera que exijan a los contratistas el desarrollo de proyectos con un enfoque que genere beneficio común y respeto por el medio ambiente. Guía que aporta no solo ambientalmente sino de manera integral a los objetivos que el mundo se ha trazado para el año 2030 (ODS) profundizando sobre todo en los objetivos 9<sup>2</sup> y 11<sup>3</sup> “Industria, innovación e infraestructura” y “Comunidades y ciudades sostenibles” respectivamente.

---

<sup>2</sup> <https://www.ods.gov.co/es/objetivos/industria-innovacion-e-infraestructura>

<sup>3</sup> <https://www.ods.gov.co/es/objetivos/ciudades-y-comunidades-sostenibles>

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Plantear una guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales que integre la biodiversidad geográfica de Colombia.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar de manera general las metodologías que utilizan en otros países para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales y qué categorías e indicadores valoran.
- Establecer qué categorías e indicadores relacionan e integran la biodiversidad geográfica con la que cuenta Colombia y formular una guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales.
- Aplicar la guía de evaluación en un estudio de caso con el fin de proponer estrategias sostenibles en relación con la gestión del territorio.

## 5. ESTADO DEL ARTE

Los proyectos viales influyen en el crecimiento y desarrollo del país, obedeciendo a una planificación vial, el cual es un proceso en el que se establece claramente el propósito de construcción, o de la intervención para mejorar las características y/o condiciones de las vías.

### 5.1 PROYECTOS VIALES EN COLOMBIA

El Plan Nacional de Desarrollo (2018 -2022) junto con el documento Conpes<sup>4</sup>, para el sector de infraestructura y transporte dio a conocer las megaobras que tienen inmerso los siguientes proyectos: construcción de 141 túneles, 130 viaductos y alrededor de 7000 kilómetros de carreteras nuevas; donde se estimó una inversión de alrededor de 50 billones de dólares por parte del gobierno nacional (Anif,2014). La ejecución de estos grandes proyectos se proyectó en tres olas distribuidas así:

#### ➤ **Ola 1:**

En la primera ola de ejecución de los proyectos viales 4G se encuentran los siguientes:

- **Vía conexión Pacífico:** se ubica entre Bolombolo y Ancón Sur, consta de 49 km de vía tipo doble calzada y su inversión es de 1.79 billones (COP).
- **Vía conexión Pacífico 2:** se ubica entre Bolombolo y La Primavera, consta de 98 km de vía tipo calzada libre y su inversión es de 0.91 billones (COP).
- **Vía conexión Pacífico 3:** se ubica entre La Pintada y La Virginia, consta de 146 km de vía tipo calzada libre y su inversión es de 1.3 billones (COP).

---

<sup>4</sup> <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3760.pdf>

De igual manera, contempla los siguientes proyectos: Girardot - Puerto Salgar, Ocaña - Gamarra y el corredor Perimetral de Oriente.

➤ **Ola 2:**

En la segunda ola de ejecución de los proyectos viales 4G se encuentran los siguientes:

- **Santana - Neiva:** consta de la construcción de 22 km de vía tipo doble calzada, 32 km de vía tipo calzada sencilla, 422 km de rehabilitación y su inversión para la construcción es de 1.5 billones (COP), para la rehabilitación se invertirán otros 1.5 billones (COP).
- **Rumichaca - Pasto:** consta de 80 km de vía tipo doble calzada y su inversión para la construcción es de 1.6 billones (COP), para el mantenimiento se invertirán otros 0.68 billones (COP).
- **Santander de Quilichao - Popayán:** consta de 76 km de vía tipo doble calzada y su inversión para la construcción es de 1.1 billones (COP), para el mantenimiento se invertirán otros 0.51 billones (COP).

De igual manera, forman parte los siguientes tramos: Neiva - Girardot, Villavicencio - Yopal, Autopista Mar 1 y Autopista Mar 2.

➤ **Ola 3:**

En la tercera y última ola de ejecución del mega proyecto de vías 4G, se tendrán los siguientes tramos: Pasto – Popayán, Manizales – Mariquita, Bogotá – Barbosa y Ocaña – Cúcuta, entre otros.

## **5.2 INSTITUCIONES A CARGO DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS VIALES**

Los proyectos viales presentados anteriormente no se ejecutan de manera total por entidades del estado, sino que algunos se ejecutan mediante el mando de alianzas público - privadas, en las que se destaca: El Instituto Nacional de Vías

(INVIAS)<sup>5</sup> y La Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)<sup>6</sup>. Por otro lado, estas crean concesiones viales por medio de las cuales con capital privado se llevan a cabo los proyectos luego de un otorgamiento por parte del estado. De acuerdo con las dos entidades nombradas anteriormente el país cuenta con 214.399 km de vías.

Para empezar a explicar acerca de las metodologías de evaluación de sostenibilidad de proyectos viales es importante mencionar que Colombia actualmente no cuenta con alguna de ellas, pero se reconoce que algunas universidades del país como lo son: la Universidad de Antioquia, y la Universidad de los Andes, se encuentran realizando estudios para generar la misma, por eso se plantea la necesidad de adaptar una nueva metodología con base a las que ya existen, siendo estas en su gran mayoría creadas por Estados Unidos y Europa. Para el presente proyecto se hará hincapié en cuatro metodologías, las cuales se describen brevemente a continuación, y serán tenidas en cuenta para contrastarlas entre sí, y generar una guía de evaluación adecuada a las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia.

### **5.3 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS INTERNACIONALES**

#### **5.3.1 Greenroads**

Se basa en implantar estándares, establecer normas y calificar la sostenibilidad en los proyectos de infraestructura vial nuevos, rediseñados o rehabilitados con siete valores fundamentales (ecología, equidad, economía, alcance, expectativas, experiencia, y exposición), luego espera desarrollar proyectos que beneficien comunidades y el medio ambiente con una conciencia en sostenibilidad (Green Highways Partnership, 2015). Greenroads está compuesto por una primera parte de 11 prerrequisitos obligatorios que todo proyecto debe completar para ser certificado y unos créditos de orden voluntario dividido en 6 categorías y 38 subcategorías, que otorgan el puntaje para que el proyecto sea

---

<sup>5</sup> <https://www.invias.gov.co/>

<sup>6</sup> <https://www.ani.gov.co/>

listado en uno de sus 4 niveles. Los elementos que integran la sustentabilidad en Greenroads son los siguientes: requerimientos del proyecto, medio ambiente y agua, acceso y equidad, actividades en la construcción, materiales y recursos, y tecnología en pavimentos.

### **5.3.2 GreenLITES**

GreenLITES (Green Leadership In Transportation Environmental Sustainability) es un programa de calificación en sostenibilidad ambiental para transporte. Este sistema está encaminado a proteger el medio ambiente, conservar los recursos naturales, preservar las características paisajísticas del entorno y permitir un crecimiento inteligente con alternativas innovadoras, busca reconocer las buenas prácticas y métodos en los diferentes proyectos de transporte que se desarrollan. En greenLITES existen dos metodologías según la etapa del proyecto: la primera es el programa de certificación para el diseño del proyecto y se compone de 5 categorías, 18 subcategorías, 175 créditos y 5 niveles de certificación, mientras que la segunda es el programa de certificación para la operación, la cual no ha sido modelada en totalidad y la aplicación ha sido mínima (New York State Department of Transportation, 2015).

### **5.3.3 Invest- FHWA**

INVEST (Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool) fue desarrollada por la Federal Highway Administration (FHWA) como una recopilación de las mejores prácticas y técnicas para ayudar a las agencias de transporte a integrar la sostenibilidad en sus programas. Es una herramienta para evaluar y reconocer el esfuerzo adicional (actividades o decisiones adicionales a las que el sector implementa) durante el completo ciclo de vida de los proyectos (Federal Highway Administration, 2015). En ese sentido, una carretera sostenible debe satisfacer los requisitos funcionales del ciclo de vida del desarrollo social y el crecimiento económico, mejorar el entorno natural y reducir el consumo de recursos naturales; entendiendo que las características de sostenibilidad de los proyectos viales son evaluadas en todo su ciclo de vida, es decir incluye la concepción, construcción, operación y mantenimiento. Ahora bien, medir la sostenibilidad

puede ayudar con el seguimiento y la evaluación del progreso, fomentando una amplia participación de las partes interesadas, la evaluación de ventajas y desventajas de sustentabilidad, que cumplen o anticipan nuevas necesidades, encontrando barreras programáticas, premiando la excelencia y la comunicación de los beneficios y objetivos. Finalmente, cabe resaltar que, para la FHWA, la seguridad juega un papel fundamental en la sostenibilidad, ya que es un componente clave del principio social de los tres componentes de la línea base de la sostenibilidad.

#### **5.3.4 Sustainable Roads- Federación de carreteras de la Unión Europea (EFR)**

Sustainable Roads es basada en infraestructura para el transporte más sostenible, el cómo las carreteras contribuyen a la sostenibilidad, asimismo, se encarga de coordinar las opiniones del sector de infraestructura vial de Europa, actuando como una plataforma para la investigación, promoviendo el transporte y carreteras sostenibles como una alternativa de reducción de los impactos ambientales en Europa y otros estados. Describe por etapas del proyecto las mejores prácticas de sostenibilidad, como lo son: diseño y planeación de carreteras, construcción, operación y conservación de las carreteras, y financiamiento de la sustentabilidad.

En ese orden de ideas, se demuestra que estas metodologías son funcionales en Colombia si se adaptan a las condiciones de biodiversidad geográfica del país, debido a que las mismas cuentan con indicadores propios de biodiversidad, geografía y aspectos culturales de los países que las crearon. Por otra parte, las metodologías se relacionan implícitamente con la gestión integral del territorio ya que los aspectos que estas evalúan se enlazan con la valoración de los recursos que tiene un territorio, definiendo así, la gestión integral del territorio como los procesos realizados para garantizar el bien común, basados en la utilización de los recursos existentes en el territorio mediante una adecuada gestión de lo público aumentando las condiciones de calidad de vida.

## **5.4 REVISIÓN DE METODOLOGÍAS NACIONALES**

### **5.4.1 Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial**

La guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial tiene como objetivo la adaptación de las mejores prácticas en planificación, diseño y construcción, aportando a la disminución del riesgo frente a desastres naturales; de igual manera, es un instrumento técnico de manejo ambiental y social para los proyectos que no requieren de licencia ambiental para su ejecución, como, por ejemplo: contratos para mejoramiento, rehabilitación, pavimentación u operación de vías.

Por otra parte, se contempla lo que son la rehabilitación de puentes y obras de drenaje, recuperación de sitios críticos, remoción de derrumbes y obras para atención de emergencias se ejecutarán desarrollando el PAGA (Plan de Adaptación de la Guía Ambiental), teniendo en cuenta la adaptación a las características de cada contrato, en relación al alcance, duración, área de ejecución, particularidades de su entorno social y ambiental, necesidades de intervención de recursos naturales que requieran permisos, licencias o concesiones (Baron Angel, 2020).

### **5.4.2 Proyectos de infraestructura vial en Colombia: aplicabilidad de los sistemas de certificación sostenible**

Este proyecto de grado de maestría de la Universidad de los Andes del año 2015, tiene como objetivo seleccionar un sistema de calificación y/o certificación en sostenibilidad entre los ya desarrollados y aplicados internacionalmente; y a través del cual se evaluará un proyecto de infraestructura vial en Colombia, del que se pueda obtener una retroalimentación que sirva como base para la estructuración de futuros proyectos y sistemas de calificación en sostenibilidad para el país (González Javier, 2015) . Las tesis consideran que este proyecto de grado es demasiado completo e importante para el planteamiento de la nueva guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales teniendo en cuenta la

biodiversidad geográfica de Colombia, puesto que brinda la información necesaria, asimismo, tiene unos óptimos resultados y recomendaciones que servirán como base para la realización de la misma.

## 6. METODOLOGÍAS ESTUDIADAS

Posteriormente, se realizó la investigación detallada donde se identifica las particularidades y el valor agregado de las cuatro metodologías de evaluación para la sostenibilidad de proyectos viales, estas son: Greenroads, GreenLITES, Invest, y Sustainable Roads, en las que se soportara la nueva guía. A continuación, se observa en la Tabla 1 hasta la Tabla 4, los respectivos criterios de evaluación (los cuales son el enfoque de la temática de interés de cada indicador), indicadores, traducción de los mismos, y una breve descripción que permite orientar y reconocer los aspectos o características relevantes para la evaluación de los indicadores.

Tabla 1. Metodología Greenroads.

Criterio	Indicador	Traducción Indicador	Descripción
Requerimientos del proyecto	Environmental review process	Proceso de revisión ambiental	Completo proceso de revisión ambiental
	Life cycle cost analysis	Análisis de costos del ciclo de vida	Realizar el análisis para la sección del pavimento
	Life cycle inventory	Inventario del ciclo de vida	Realizar el inventario de la sección del pavimento con herramienta de cómputo
	Quality control plan	Plan de control de calidad	Tener un plan formal de control de calidad del contratista
	Noise mitigation plan	Plan de mitigación de ruido	Tener un plan de mitigación del ruido durante la construcción
	Waste management plan	Plan de gestión de residuos	Tener un plan para depositar de manera adecuada los residuos
	Pollution prevention plan	Plan de prevención de la contaminación	Tener un plan de control de la erosión
	Low impact development	Desarrollo de bajo impacto	Estudio de la viabilidad para técnicas en el manejo de aguas pluviales
	Pavement management system	Sistema de gestión de pavimentos	Tener un sistema de gestión de pavimentos
	Site maintenance plan	Plan de mantenimiento del sitio	Tener un plan de mantenimiento para el medio ambiente, servicios públicos, etc.
	Educational outreach	Alcance educativo	Publicar información de sostenibilidad sobre el proyecto

<b>Medio ambiente y agua</b>	Environmental management system	Sistema de gestión ambiental	El contratista debe estar certificado por la ISO 14001
	Runoff flow control	Control de flujo de escorrentía	Captura de aguas pluviales o reducción de escorrentía
	Runoff quality	Calidad de escorrentía	Tratamiento de aguas pluviales
	Stormwater cost analysis	Análisis de costos de aguas pluviales	Realizar un análisis de costo de vida para la sección de tratamiento de aguas pluviales
	Site vegetation	Vegetación del sitio	Uso de vegetación nativa
	Habitat restoration	Restauración del hábitat	Crear un nuevo hábitat para las especies
	Ecological connectivity	Conectividad ecológica	Conexión de hábitats
	Light pollution	Contaminación lumínica	Disminuir la contaminación lumínica
<b>Acceso y equidad</b>	Safety audit	Auditoría de seguridad	Realizar auditoría de seguridad vial
	Intelligent transportation systems	Sistema de transporte inteligente	Implementar sistemas inteligentes de transporte
	Context sensitive planning	Planificación sensible al contexto	Planificar soluciones sensibles al contexto vial
	Traffic emissions reduction	Reducción de emisiones de tráfico	Reducir las emisiones de motor mediante métodos de modelación sistémica.
	Pedestrian access	Acceso peatonal	Proporcionar/mejorar la accesibilidad de los peatones
	Bicycle access	Acceso para bicicletas	Proporcionar/mejorar la accesibilidad de la bicicleta
	Transit / HOV access	Sistema abierto para vehículos de alta ocupación	Proporcionar/mejorar la accesibilidad del tránsito de alta ocupación
	Scenic Views	Vistas escénicas	Proporcionar vistas del paisaje
	Cultural Outreach	Alcance cultural	Promover los valores del arte/ cultura/ comunidad a lo largo de la carretera
<b>Actividades de construcción</b>	Quality management system	Sistema de gestión de calidad	El contratista debe estar certificado por la ISO 9001
	Environmental training	Capacitación ambiental	Proporcionar capacitación ambiental
	Site recycling plan	Plan de reciclaje en el sitio	Proporcionar un plan de recolección de residuos en el sitio
	Fossil fuel use reduction	Reducción del uso de combustible fósil	Utilizar combustibles alternativos en los equipos de construcción
	Equipment emission reduction	Equipo de reducción de emisiones	Cumplir con los estándares de la EPA

	Paver emission reduction	Reducción de emisiones de la pavimentadora	Usar adoquines ecologicos
	Water use tracking	Seguimiento del uso del agua	Desarrollar datos sobre el uso del agua durante la construcción
	Contractor Warranty	Garantía del contratista	Garantía del pavimento construido
<b>Materiales y recursos</b>	Life cycle assessment	Evaluación del ciclo de vida	Evaluación detallada de todo el proyecto
	Pavement reuse	Reutilización del pavimento	Reutilizar secciones de pavimento
	Earthwork balance	Equilibrio en el movimiento de tierras	Uso de suelo nativo en lugar de relleno de importación para equilibrar el corte y relleno
	Recycled materials	Materiales reciclados	Utilizar materiales reciclados para el pavimento
	Regional materials	Materiales regionales	Uso de materiales regionales para disminuir costos de transporte
	Energy efficiency	Eficiencia energética	Mejorar la capacidad energética de los sistemas operativos
<b>Tecnologías del pavimento</b>	Long - life pavement	Pavimento de larga vida	Pavimento de diseño duradero
	Permeable pavement	Pavimento permeable	Uso de pavimento permeable
	Warm mix asphalt	Asfalto caliente de la mezcla	Uso de asfalto tipo caliente de mezcla
	Cool pavement	Pavimento fresco	Disminución del efecto isla calor
	Quiet pavement	Pavimento tranquilo	Disminuir el ruido de los neumáticos cuando entran en contacto con el asfalto
	Pavement performance tracking	Seguimiento del rendimiento del pavimento	Relacionar la construcción con los datos de rendimiento

Fuente: consolidación de autoras a partir de la metodología nombrada.

Tabla 2. Metodología GreenLITES.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Traducción Indicador</b>	<b>Descripción</b>
<b>Sitios sostenibles</b>	Alignment selection	Selección de alineación	En relación a las variables drásticas climatológicas
	Context sensitive solutions	Soluciones sensibles al contexto	Disminuir el impacto por fragmentación de hábitat
	Land use / community planning	Uso del suelo / planificación comunitaria	Gestión del territorio
	Protect, enhance or restore wildlife habitat	Proteger, mejorar o restaurar el hábitat de la vida silvestre	Protección de fauna
	Protect, plant or mitigate for removal of trees and plant communities	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas	Protección de flora

Calidad del agua	Stormwater management (Volume and quality)	Manejo de aguas pluviales (Volumen y calidad)	Captura de aguas pluviales o reducción de escorrentía
	Best management practices	Mejores prácticas de gestión	Gestión ambiental - ISO 14001
Materiales y recursos	Reuse of materials	Reutilización de materiales	Reutilizar secciones de materiales
	Recycled content	Contenido reciclado	Utilizar materiales reciclados
	Local materials	Materiales locales	Uso de materiales locales para disminuir costos de transporte
	Bio-engineering techniques	Técnicas de bioingeniería	Aplicar técnicas de bioingeniería en diferentes etapas del proyecto
	Hazardous material minimization	Minimización de materiales peligrosos	Disminuir el uso de materiales peligrosos
Energía y atmósfera	Improved traffic flow	Flujo de tráfico mejorado	Mantener una buena señalización en las vías
	Reduce electrical consumption	Reducir el consumo eléctrico	Utilizar sensores de iluminación
	Reduce petroleum consumption	Reducir el consumo de petróleo	Utilizar combustibles alternativos en los equipos de construcción
	Improve bicycle & pedestrian facilities	Mejorar las instalaciones para peatones y bicicletas	Proporcionar la accesibilidad para peatones y bicicletas
	Noise abatement	Reducción del ruido	Aplicar sistemas de reducción de ruido y vibraciones en maquinaria
	Stray light reduction	Reducción de la luz parásita	Disminuir la contaminación lumínica
Innovación no cotizada	Innovation	Innovación	Incorporación de la innovación por parte de las empresas constructoras
	Unlisted	No cotizado	-
	NYCDOT	Departamento de transporte de la Ciudad de Nueva York	Ministerio de transporte y obras públicas

Fuente: consolidación de autoras a partir de la metodología nombrada.

Tabla 3. Metodología Invest.

Criterio	Indicador	Traducción Indicador	Descripción
Planificación del sistema	Integrated planning: economic development and land use	Planificación integrada: desarrollo económico y uso del suelo	Gestión del territorio
	Integrated planning: natural environment	Planificación integrada: entorno natural	Gestión de los recursos naturales
	Integrated planning: social	Planificación Integrada: social	Gestión del territorio
	Integrated planning: bonus	Planificación integrada: bonificación	Gestión integral del desarrollo local

	Access and affordability	Acceso y asequibilidad	Proporcionar/mejorar la accesibilidad
	Safety planning	Planificación de seguridad	Realizar auditoría de seguridad vial
	Multimodal transport and public health	Transporte multimodal y salud pública	Implementar una inversión pública en proyectos de transporte multimodal
	Merchandise transports	Transporte de mercancías	Proporcionar/mejorar la accesibilidad del tránsito de mercancías
	Travel demand management	Gestión de demanda de viajes	Planificación y gestión del ecoturismo local
	Air quality	Calidad del aire	Registrar y mantener la red de monitoreo de la calidad del aire
	Energy and fuels	Energía y combustibles	Utilizar combustibles alternativos en los equipos de construcción
	Financial sustainability	Sostenibilidad financiera	Adecuado uso de los recursos financieros de los proyectos viales
	Analysis methods	Métodos de análisis	Completo proceso de análisis económico
	Management of transportation systems and operations	Gestión de sistemas de transporte y operaciones	Proporcionar la adecuada planificación de accesibilidad de tránsito para la ejecución de operaciones dentro del proyecto
	Asset management and planning linkage	Vinculación de gestión de activos y planificación	Todo lo correspondiente a la ISO 55001 y la gestión de activos
	Infrastructure resilience	Resiliencia de infraestructura	Inversión en infraestructura resiliente desde el ciclo inicial del proyecto
	Planning linkage & NEPA	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional	Todo lo correspondiente a la Ley 99 de 1993 y el Decreto 2820 de 2010
<b>Desarrollo de proyecto</b>	Economic analyses	Análisis económicos	Completo proceso de análisis económico
	Life-cycle cost analyses	Análisis de costes del ciclo de vida	Realizar el análisis para la sección del pavimento
	Context sensitive project development	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto	Planificar soluciones sensibles al contexto vial
	Highway and traffic safety	Vías y seguridad vial	Aplicar la política nacional en materia de seguridad vial
	Educational outreach	Alcance educativo	Publicar información de sostenibilidad sobre el proyecto
	Tracking environmental commitments	Seguimiento de los compromisos ambientales	Completo proceso de revisión ambiental
	Habitat restoration	Restauración del hábitat	Crear un nuevo hábitat para las especies

Stormwater	Aguas pluviales	Captura de aguas pluviales o reducción de escorrentía
Ecological connectivity	Conectividad ecológica	Conexión de hábitats
Pedestrian access	Acceso peatonal	Proporcionar/mejorar la accesibilidad de los peatones
Bicycle access	Acceso para bicicletas	Proporcionar/mejorar la accesibilidad de las bicicletas
Transit & HOV access	Tránsito y acceso para vehículos de alta ocupación	Proporcionar/mejorar la accesibilidad del tránsito de alta ocupación
Freight mobility	Movilidad de carga	Proporcionar/mejorar la movilidad de vehículos de carga
ITS for system operations	Sistemas de transporte inteligentes para operaciones del sistema	Implementar sistemas inteligentes de transporte
Historical, archaeological, and cultural preservation	Preservación histórica, arqueológica y cultural	Conservar/preservar el patrimonio histórico
Scenic, natural, or recreational qualities	Cualidades escénicas, naturales o recreativas	Proporcionar vistas del paisaje
Energy efficiency	Eficiencia energética	Mejorar la capacidad energética de los sistemas operativos
Site vegetation	Vegetación del sitio	Uso de vegetación nativa
Reduce and reuse materials	Reducir y reutilizar materiales	Reutilizar secciones de materiales
Recycled materials	Materiales reciclados	Utilizar materiales reciclados
Earthwork balance	Equilibrio de movimiento de tierras	Uso de suelo nativo en lugar de relleno de importación para equilibrar el corte y relleno
Long life pavement design	Diseño de pavimento de larga duración	Pavimento de diseño duradero
Reduced energy and emissions in pavement materials	Reducción de energía y emisiones en materiales de pavimento	Usar adoquines ecológicos
Contractor warranty	Garantía del contratista	Garantía del pavimento construido
Construction environmental training	Capacitación ambiental en construcción	Proporcionar capacitación ambiental
Construction equipment emission reduction	Reducción de emisiones de equipos de construcción	Reducir las emisiones de motor mediante métodos de modelación sistémica
Construction noise mitigation	Mitigación del ruido de la construcción	Aplicar sistemas de reducción de ruido y vibraciones en maquinaria
Construction quality control plan	Plan de control de calidad de la construcción	Tener un plan formal de control de calidad del contratista
Construction waste management	Gestión de residuos de construcción	Tener un plan para depositar de manera adecuada los residuos

<b>Operaciones y mantenimiento</b>	Internal sustainability plan	Plan de sostenibilidad interno	-
	Efficiency and use of electrical energy	Eficiencia y uso de energía eléctrica	Mejorar la capacidad energética de los sistemas operativos
	Vehicle fuel efficiency and usage	Eficiencia y uso del combustible del vehículo	Utilizar combustibles alternativos en los equipos de construcción
	Reuse and recycle	Reutilizar y reciclar	Reutilizar secciones de materiales
	Security Administration	Administración de Seguridad	Realizar auditoría de seguridad vial
	Environmental commitments monitoring system	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales	Completo proceso de revisión ambiental
	Pavement management system	Sistema de gestión de pavimento	Garantía del pavimento construido
	Bridge management system	Sistema de gestión de puentes	Garantía de los puentes construidos
	Maintenance management system	Sistema de gestión de mantenimiento	Garantía, seguimiento y control después de terminado el proyecto
	Preservation and maintenance of road infrastructure	Preservación y mantenimiento de infraestructura vial	Realizar auditoría de seguridad en infraestructura vial
	Maintenance of traffic control infrastructure	Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico	Aplicar la política nacional en materia de seguridad vial
	Road climate management program	Programa de gestión del clima vial	Asegurar que la calidad del pavimento no se vea afectada por la variación climática
	Transportation operations and management	Gestión y operaciones de transporte	Desarrollar, gestionar, verificar y certificar procesos relacionados con la gestión y operación del transporte
	Traffic control work zone	Zona de trabajo de control de tráfico	Aplicar la política nacional en materia de seguridad via

Fuente: consolidación de autoras a partir de la metodología nombrada.

Tabla 4. Metodología Sustainable Roads.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Traducción Indicador</b>	<b>Descripción</b>
<b>Económico</b>	Best practices for road maintenance and infrastructure preservation	Mejores prácticas para el mantenimiento carretero y la preservación de la infraestructura	Tener un plan de mantenimiento para la conservación de la infraestructura
<b>Seguridad</b>	Smart systems for transportation	Sistemas inteligentes para el transporte	Implementar sistemas inteligentes de transporte
	Road surface maintenance	Mantenimiento de la superficie carretera	Tener un plan de mantenimiento para la conservación de la superficie de la vía
<b>Social</b>	Silent pavement	Pavimento silencioso	Disminuir el ruido de los neumáticos cuando entran en contacto con el asfalto

<b>Ambiental</b>	Environmental impact evaluation	Evaluación del impacto ambiental	Evaluación detallada de los impactos que se causan el proyecto
	Strategic environmental assessment	Evaluación ambiental estratégica	Evaluación rápida y detallada de los impactos que causa la ejecución del proyecto
	Habitat fragmentation	Fragmentación del hábitat	Disminuir el impacto por fragmentación de hábitat
	Special considerations for areas with high environmental value	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	Plan de manejo especial para áreas de características ambientales preciadas
	Life cycle analysis	Análisis del ciclo de vida	Evaluación detallada de todo el proyecto
	Noise mitigation plan	Plan de mitigación de ruido	Aplicar sistemas de reducción de ruido y vibraciones en maquinaria
	Prevention of water pollution	Prevención de la contaminación del agua	Desarrollar datos sobre el uso y cuidado del agua durante la construcción
	Control of surface runoff	Control de los escurrimientos superficiales	Captura de aguas pluviales o reducción de escorrentía
	Reduction of fossil fuel consumption	Reducción del consumo de combustibles fósiles	Utilizar combustibles alternativos en los equipos de construcción
	Landscape / Scenic Views	Paisaje / Vistas escénicas	Proporcionar vistas del paisaje
	Stormwater management	Manejo del agua pluvial	Tratamiento de aguas pluviales
	Carbon sinks and nitrogen oxides	Sumideros de carbono y óxidos de nitrógeno	Depósito natural que absorbe el carbono de la atmósfera
	Protection of fauna	Protección de la fauna	Proteger, mejorar o restaurar el hábitat de la vida silvestre
<b>Técnico</b>	Geometric design	Diseño geométrico	Diseño de acuerdo a la velocidad adecuada de la zona
	Use of recyclable materials	Uso de materiales reciclables	Utilizar materiales reciclados
	Recycling of pavements	Reciclaje de pavimentos	Reutilizar secciones de materiales

Fuente: consolidación de autoras a partir de la metodología nombrada.

Asimismo, en la Tabla 5 se evidencia las entidades a las que pertenecen las cuatro metodologías, y los criterios con los que cuenta cada una, del mismo modo, el número entre paréntesis representa la cantidad de indicadores que tienen los criterios, lo anterior, será importante a la hora de depurar los indicadores y poder desarrollar la matriz de la nueva guía para la evaluación de sostenibilidad en proyectos viales.

Tabla 5. Propiedad y criterios de cada una de las metodologías.

Metodología	Propiedad	Criterios
Greenroads	Fundación Greenroads	Requerimientos del proyecto (11). Medio ambiente y agua (9) Acceso y equidad (9) Actividades de construcción (8) Materiales y recursos (4) Tecnologías del pavimento (6)
GreenLITES	NYSDOT (Departamento de Transporte del Estado de Nueva York)	Sitios sitios sostenibles (5) Calidad del agua (2) Materiales y recursos (5) Energía y atmósfera (6) Innovación no cotizada (3)
Invest	FHWA (Administración Federal de carreteras)	Planificación del sistema (17) Desarrollo del proyecto (29) Operaciones y mantenimiento (14)
Sustainable Roads	EFR (Federación de Carreteras de la Unión Europea)	Económico (1) Seguridad (2) Social (1) Ambiental (13) Técnico (3)
	<b>Total:</b>	<b>148 indicadores</b>

Fuente: compilación por autoras.

## 6.1 UNIFICACIÓN DE INDICADORES POR TÉRMINOS SEMEJANTES PARA LAS CUATRO METODOLOGÍAS ESTUDIADAS

En el momento de realizar el análisis de cada metodología, y al identificar la descripción de cada indicador (Tabla 1 - Tabla 4) se pudo percibir que en estas cuatro metodologías existe una repetición de indicadores, razón por la que se decide agrupar aquellos que cuenten con términos semejantes y apunten a la calificación del mismo criterio, a su vez, se depuran aquellos que no cumplen con las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia, o no se aplican dentro del contexto práctico y en el ejercicio del desarrollo de proyectos de infraestructura vial para el caso colombiano. A continuación, se puede observar desde la Tabla 6 hasta la Tabla 9 los criterios e indicadores unificados para cada una de las metodologías.

Tabla 6. Criterios e indicadores unificados metodología Greenroads.

Criterio	Indicador	Criterio	Indicador
	Sistema de gestión ambiental		Acceso peatonal
	Control de flujo de escorrentía		Acceso para bicicletas

<b>Medio ambiente y agua</b>	Análisis de costos de aguas pluviales	<b>Acceso y equidad</b>	Sistema abierto para vehículos de alta ocupación
	Conectividad ecológica		Alcance cultural
<b>Actividades de construcción</b>	Sistema de gestión de calidad	<b>Materiales y recursos</b>	Evaluación del ciclo de vida
	Reducción del uso de combustible fósil		Equilibrio en el movimiento de tierras
	Seguimiento del uso del agua		Materiales regionales
		<b>Tecnologías del pavimento</b>	Eficiencia energética
			Pavimento de larga vida
			Pavimento permeable
			Pavimento tranquilo

Fuente: autoras.

Tabla 7. Criterios e indicadores unificados metodología GreenLITES.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>
<b>Sitios sostenibles</b>	Soluciones sensibles al contexto	<b>Materiales y recursos</b>	Reutilización de materiales
	Uso del suelo / planificación comunitaria		Minimización de materiales peligrosos
	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas		Técnicas de bioingeniería
<b>Calidad del agua</b>	Mejores prácticas de gestión	<b>Energía y atmósfera</b>	Flujo de tráfico mejorado
<b>Innovación no cotizada</b>	Innovación		

Fuente: autoras.

Tabla 8. . Criterios e indicadores unificados metodología Invest.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>
	Planificación integrada: entorno natural	<b>Desarrollo de proyecto</b>	Análisis económicos
	Planificación Integrada: social		Desarrollo de proyectos sensibles al contexto
	Transporte multimodal y salud pública		Preservación histórica, arqueológica y cultural
	Transporte de mercancías		Cualidades escénicas, naturales o recreativas

<b>Planificación del sistema</b>	Gestión de demanda de viajes	<b>Operaciones y mantenimiento</b>	Plan de control de calidad de la construcción
	Calidad del aire		
	Sostenibilidad financiera		Sistema de seguimiento de compromisos ambientales
	Gestión de sistemas de transporte y operaciones		Sistema de gestión de pavimento
	Vinculación de gestión de activos y planificación		Preservación y mantenimiento de infraestructura vial
	Resiliencia de infraestructura		Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico
	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional		Zona de trabajo de control de tráfico

Fuente: autoras.

Tabla 9. Criterios e indicadores unificados metodología Sustainable Roads.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>
<b>Ambiental</b>	Evaluación del impacto ambiental	<b>Técnico</b>	Diseño geométrico
	Evaluación ambiental estratégica		
	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental		

Fuente: autoras.

Seguidamente, en el momento de realizar la unificación de los criterios e indicadores se observa que en las cuatro metodologías se reiteraba varias veces las siguientes temáticas: manejo adecuado del agua proveniente de escorrentía, importancia de proteger y restaurar el hábitat de la fauna y la flora, emplear vegetación nativa, contar con planes de que mitiguen el ruido, reducir el uso de combustibles fósiles, realizar capacitaciones ambientales a los pobladores de la zona del proyecto, emplear materiales locales, usar pavimentos de larga duración, llevar a cabo la reutilización y optimización de materiales, establecer estrategias para el transporte de mercancías, y de carga, realizar la adecuada disposición de los residuos, entre otros, por tal motivo, al unir los indicadores estos pasaron de un total de 148 (Tabla 5) a un total de 52 (Tabla 10), a su vez, fueron discriminados aquellos que hacen relación a fuertes variaciones

climáticas ya que Colombia posee un clima ecuatorial donde no se sufre una variación relevante de temperatura, como en los países que tienen estaciones.

Tabla 10. Propiedad y criterios de cada una de las metodologías luego de ser unificados.

Metodología	Propiedad	Criterios
Greenroads	Fundación Greenroads	Medio ambiente y agua (4) Acceso y equidad (4) Actividades de construcción (3) Materiales y recursos (4) Tecnologías del pavimento (3)
GreenLITES	NYSDOT (Departamento de Transporte del Estado de Nueva York)	Sitios sitios sostenibles (3) Calidad del agua (1) Materiales y recursos (3) Energía y atmósfera (1) Innovación no cotizada (1)
Invest	FHWA (Administración Federal de carreteras)	Planificación del sistema (11) Desarrollo del proyecto (5) Operaciones y mantenimiento (5)
Sustainable Roads	EFR (Federación de Carreteras de la Unión Europea)	Ambiental (3) Técnico (1)
	<b>Total:</b>	<b>52 indicadores</b>

Fuente: compilación por autoras.

## 6.2 CLASIFICACIÓN DE INDICADORES DE ACUERDO A LAS CATEGORÍAS PROPUESTAS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES

Posteriormente, para empezar a formular la nueva guía, las autoras establecen cinco categorías (a lo que en las metodologías consultadas se le conoce como criterios), estas obedecen a un nombre general que integra tanto los indicadores como sus objetivos de calificación, a su vez, se consideran fundamentales para la evaluación de sostenibilidad en proyectos viales, cada una de estas agrupa los indicadores que se unificaron en la sección 6.1 del presente documento, indicadores que más adelante van a ser valorados para poder establecer el grado de cumplimiento de sostenibilidad que tiene el proyecto sujeto de evaluación.

Por otra parte, cada categoría definida cuenta con unos requerimientos de pre-evaluación, es decir, aquellos requisitos que deben ser cumplidos por obligatoriedad antes de iniciar la evaluación de sostenibilidad; es importante mencionar que estos requerimientos van a ser tenidos en cuenta a parte de los indicadores de cada categoría.

### **6.2.1 Categoría ambiental**

La categoría ambiental engloba todos los factores que constituyen un medio biótico y abiótico. Por tal razón se tienen en cuenta los temas referidos al uso, impacto, gestión, planificación, evaluación, intervención, entre otros, de los recursos naturales (renovables y no renovables), y los servicios ecosistémicos, todo lo anteriormente mencionado, se relaciona directamente con la formulación, elaboración y ejecución de los proyectos viales.

Los criterios de evaluación e indicadores seleccionados para esta categoría son los siguientes: sistema de gestión ambiental; control de flujo de escorrentía; conectividad ecológica; reducción del uso de combustible fósil; seguimiento del uso del agua; eficiencia energética; soluciones sensibles al contexto; proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas; mejores prácticas de gestión; minimización de materiales peligrosos; planificación integrada: entorno natural; calidad del aire; vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional; sistema de seguimiento de compromisos ambientales; evaluación del impacto ambiental; evaluación ambiental estratégica; consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental; sistema de gestión de calidad.

#### **6.2.1.1 Requerimientos pre-evaluación**

Estos describen los planes, procesos, análisis o estudios con los que debe contar un proyecto de infraestructura vial para poder proceder a su correspondiente evaluación de sostenibilidad, y la categoría ambiental cuenta con los siguientes:

- Proceso de revisión ambiental.
- Plan de gestión de residuos.
- Plan de prevención de la contaminación.
- Estudio para desarrollo de bajo impacto.
- Plan de mantenimiento del sitio.

Total: 5 requerimientos pre-evaluación.

### **6.2.2 Categoría económica**

La categoría económica abarca toda la información cuantitativa y cualitativa que permita llevar a cabo un análisis, con el fin de elaborar un panorama general

sobre la dinámica económica local, dimensionando los impactos o la toma de decisiones en las diferentes etapas de los proyectos viales.

Los criterios de evaluación e indicadores seleccionados para esta categoría son los siguientes: materiales regionales; análisis de costos de aguas pluviales; reutilización de materiales; sostenibilidad financiera; vinculación de gestión de activos y planificación; análisis económicos.

#### **6.2.2.1 Requerimientos pre-evaluación**

Estos describen los planes, procesos, análisis o estudios con los que debe contar un proyecto de infraestructura vial para poder proceder a su correspondiente evaluación de sostenibilidad, y la categoría económica cuenta con los siguientes:

- Análisis de costos del ciclo de vida.
  - Inventario del ciclo de vida
- Total: 2 requerimientos pre-evaluación.

#### **6.2.3 Categoría funcional y sociocultural**

La categoría funcional y sociocultural incluye las condiciones de afectación para la mejora de la calidad de vida de las comunidades, llevando a cabo la socialización, asimismo, analizando las características, cobertura e infraestructura con el fin de garantizar el manejo y administración adecuada de los proyectos viales.

Los criterios de evaluación e indicadores seleccionados para esta categoría son los siguientes: alcance cultural; uso del suelo / planificación comunitaria; planificación Integrada: social; gestión de demanda de viajes; preservación histórica, arqueológica y cultural; cualidades escénicas, naturales o recreativas; transporte multimodal y salud pública.

#### **6.2.3.1 Requerimientos pre-evaluación**

Estos describen los planes, procesos, análisis o estudios con los que debe contar un proyecto de infraestructura vial para poder proceder a su correspondiente evaluación de sostenibilidad, y la categoría funcional y sociocultural cuenta con los siguientes:

- Plan de mitigación de ruido.
  - Capacitación ambiental.
- Total: 2 requerimientos pre-evaluación.

#### **6.2.4 Categoría avance del proceso**

La categoría avance del proceso se basa en toda la planeación, planificación, y gestión integral para la construcción y ejecución de los proyectos viales, de igual manera, aborda la verificación del progreso técnico en cada una de las etapas del proyecto.

Los criterios de evaluación e indicadores seleccionados para esta categoría son los siguientes: evaluación del ciclo de vida; acceso peatonal; acceso para bicicletas; sistema abierto para vehículos de alta ocupación; equilibrio en el movimiento de tierras; pavimento de larga vida; pavimento permeable; pavimento tranquilo; innovación; técnicas de bioingeniería; flujo de tráfico mejorado; transporte de mercancías; gestión de sistemas de transporte y operaciones; resiliencia de infraestructura; desarrollo de proyectos sensibles al contexto; plan de control de calidad de la construcción; diseño geométrico.

##### **6.2.4.1 Requerimientos pre-evaluación**

Estos describen los planes, procesos, análisis o estudios con los que debe contar un proyecto de infraestructura vial para poder proceder a su correspondiente evaluación de sostenibilidad, y la categoría avance del proceso cuenta con los siguientes:

- Plan de proyección.
  - Proceso constructivo.
- Total: 2 requerimientos pre-evaluación.

#### **6.2.5 Categoría nivel de seguridad**

La categoría nivel de seguridad se conforma por todas las temáticas relacionadas con los programas, y acciones de construcción consensuada, para la prevención, disminución y mitigación de los accidentes viales, los cuales básicamente se encuentran dentro de la normativa nacional en materia de seguridad vial.

Los criterios de evaluación e indicadores seleccionados para esta categoría son los siguientes: sistema de gestión de pavimento; preservación y mantenimiento de infraestructura vial; mantenimiento de infraestructura de control de tráfico; zona de trabajo de control de tráfico.

#### **6.2.5.1 Requerimientos pre-evaluación**

Estos describen los planes, procesos, análisis o estudios con los que debe contar un proyecto de infraestructura vial para poder proceder a su correspondiente evaluación de sostenibilidad y la categoría nivel de seguridad cuenta con los siguientes:

- Auditoría en seguridad.
  - Cumplimiento de la normativa.
  - Plan de mantenimiento.
- Total: 3 requerimientos pre-evaluación.**

## **7. GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES PROPUESTA POR LAS AUTORAS**

La presente guía de evaluación de sostenibilidad en proyectos viales está dirigida principalmente a los entes territoriales y/o gubernamentales, aun así la puede aplicar cualquier persona natural interesada en evaluar la sostenibilidad de un tramo vial, puesto que a partir de su aplicación el calificador puede tener una visión integral de la gestión del territorio, reconociendo el estado actual de la vía en los siguientes aspectos: ambiental, económico, funcional y sociocultural, avance del proceso, y seguridad; con la finalidad de que estos puedan proponer estrategias sostenibles que permitan la mitigación y corrección de los impactos generados a lo largo del desarrollo de estos proyectos.

El procedimiento indicado para aplicar la guía es: primeramente realizar un reconocimiento de la vía objetivo de aplicación, con la finalidad de adquirir toda la información pertinente a la identificación de la zona influenciada por el desarrollo del proyecto, el impacto social ocasionado, las actividades económicas practicadas por sus habitantes, las necesidades de la comunidad, la planificación del territorio, la distribución de la malla vial secundaria y terciaria, y la transitabilidad de las mismas. Seguidamente, se verifica el nivel de cumplimiento de los requerimientos pre-evaluación de cada categoría, luego al realizar la anterior actividad se obtiene la información complementaria para proseguir a evaluar cada uno de los indicadores empleando la matriz que se encuentra en la sección 7.2 del presente documento.

### **7.1 CATEGORIZACIÓN DE INDICADORES POR NOMENCLATURA**

En la Tabla 11 se evidencia la nomenclatura para cada uno de los indicadores de la siguiente manera: ICA (Indicador Categoría Ambiental), ICE (Indicador Categoría Económica), ICFS (Indicador Categoría Funcional y Sociocultural), ICAP (Indicador Categoría Avance del Proceso), ICNS (Indicador Categoría Nivel de Seguridad), y para los requerimientos pre-evaluación RQ

(Requerimiento), optando las demás siglas de la categoría a la que pertenezca. A su vez, se encuentra la descripción de lo que se debe evaluar en cada indicador lo que permite establecer su calificación.

Tabla 11. Categorización de los requerimientos e indicadores con su respectiva nomenclatura.

[1] Categoría	[2] Nomenclatura	[3] Indicador / requerimiento	[4] Descripción Indicador
Ambiental	RQCA-1	Proceso de revisión ambiental	Cumplir con la norma ISO 14001 - Revisión ambiental inicial y mejores prácticas de gestión.
	RQCA-2	Plan de gestión de residuos	Aplicar las actividades técnicas, así como las pautas de diseño que deben desarrollar los contratistas, las cuales se encuentran establecidas y descritas en la guía técnica para el adecuado manejo de residuos sólidos en proyectos de infraestructura vial.
	RQCA-3	Plan de prevención de la contaminación	Contar con un plan donde se utilicen métodos y prácticas que reduzcan los impactos asociados con el desarrollo y la construcción.
	RQCA-4	Estudio para desarrollo de bajo impacto	Evaluar los impactos ambientales con el fin de garantizar el desarrollo sostenible en cada una de las etapas de los proyectos de infraestructura vial.
	RQCA-5	Plan de mantenimiento del sitio	Contar con un plan de mantenimiento para el medio ambiente, servicios públicos, etc.
	ICA-1	Sistema de gestión ambiental	Garantizar el cumplimiento y desarrollo eficaz de las acciones propuestas en el programa 1, el cual se encuentra en el capítulo 6.1 de la Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura Vial.
	ICA-2	Control de flujo de escorrentía	Tener un manejo adecuado del flujo de escorrentía, evitando así los efectos de erosión en el suelo y contaminación de las fuentes hídricas.
	ICA-3	Conectividad ecológica	Mitigar la fragmentación del hábitat ejecutando la caracterización de la fauna, flora y el recurso hídrico presente en la zona, con la finalidad de establecer un sistema de monitoreo.
	ICA-4	Reducción del uso de combustible fósil	Fomentar el uso de maquinaria de última tecnología o hacer el cambio por combustibles alternativos.
	ICA-5	Seguimiento del uso del agua	Implementación de sistemas de control y monitoreo de la disponibilidad de agua, asimismo, minimizar el consumo de agua potable, y proteger los humedales y aguas superficiales. También preservar funciones de amortiguación de inundaciones.
	ICA-6	Eficiencia energética	Minimizar el consumo de energía, implementando sensores de iluminación, uso de pavimentos en frío, y sistemas de señalización inteligentes.
	ICA-7	Soluciones sensibles al contexto	Garantizar la preservación de los ecosistemas sensibles localizados en el área de influencia directa del proyecto, especificando en la línea base o en la caracterización ambiental cuales son los diferentes tipos de ecosistemas y las condiciones naturales en las que se encuentran, con el fin de establecer las medidas ambientales que se implementaran.

	ICA-8	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas	Aplicar las medidas de manejo ambiental para el manejo de la vegetación de poda, tala, traslado, con el fin de prevenir la pérdida de cobertura vegetal a permanecer; reutilizar el mayor volumen de material de descapote.
	ICA-9	Mejores prácticas de gestión	Reducir la escorrentía y los contaminantes asociados a los recursos hídricos adyacentes permitiendo la infiltración del agua superficial, filtración de contaminantes y otros métodos de tratamiento de escorrentía superficial.
	ICA-10	Minimización de materiales peligrosos	Establecer convenios con proveedores para devolución de baterías, cartuchos de impresoras, envases de combustible, filtros, etc.
	ICA-11	Planificación integrada: entorno natural	Establecer los usos ecológicamente más indicados para cada unidad territorial, protegiendo así el cambio de uso de las mismas, las cuales presenten un elevado valor ecológico actual, con el fin de evaluar las potencialidades y limitaciones del territorio a la hora de efectuar un proyecto vial.
	ICA-12	Calidad del aire	Realizar mediciones o muestreos de calidad del aire de acuerdo con lo estipulado por el Decreto 02 de 1982, el Decreto 948 de 1995 y la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, referentes a la calidad del aire y los estándares de emisión de fuentes fijas (plantas de trituración o asfaltos). Para las fuentes móviles se requiere tener al día la revisión técnico-mecánica y de gases de cada uno de los vehículos en la obra.
	ICA-13	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional	La solicitud de licencias ambientales para los proyectos de la red vial nacional referidos en el Decreto 2820 de 2010, el cual reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993.
	ICA-14	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales	Asegurar que los compromisos ambientales realizados por el proyecto sean completados y documentados en conformidad con todas las leyes aplicables, regulaciones, y permisos emitidos.
	ICA-15	Evaluación del impacto ambiental	Contar con la evaluación del impacto ambiental es importante ya que se determinan las agresiones ambientales en que se incurrirán a la hora de ejecutar un proyecto, permitiendo de esta manera tomar decisiones basadas en el costo/beneficio sobre la viabilidad ambiental de dicho proyecto.
	ICA-16	Evaluación ambiental estratégica	Aplicar la Evaluación Ambiental Estratégica como herramienta de planificación orientada a facilitar la incorporación de la dimensión ambiental en la toma de decisiones estratégicas de desarrollo.
	ICA-17	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	Establecer si existe afectación directa e indirecta de las áreas con alto valor ambiental a la hora de evaluar el proyecto con el fin de proteger el medio ambiente y evitar pugnas legales.
	ICA-18	Sistema de gestión de calidad	Contar con la certificación 9001:2008 para la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura vial.
Económica	RQCE-1	Análisis de costos del ciclo de vida	Reducir los costos de ciclo de vida y el consumo de recursos mediante el análisis del costo del ciclo de vida de las características claves del proyecto durante el proceso de

			toma de decisiones.
	RQCE-2	Inventario del ciclo de vida	Tener el inventario de cargas ambientales, sociales y económicas que implican los proyectos viales, para esto se separa en subsistemas y cada uno de estos se plasma de un diagrama de flujo donde aparecerán todas las etapas del proyecto, mientras que el transporte entre los distintos procesos aparecerá agrupado en una sola actividad.
	ICE-1	Materiales regionales	Implementar el uso de materiales locales que se encuentren certificados, disminuyendo las distancias de recorrido y por lo tanto los ciclos de las volquetas, permitiendo un menor gasto en transporte y a su vez una disminución considerable de las emisiones de CO <sub>2</sub> .
	ICE-2	Análisis de costos de aguas pluviales	Aplicar un plan de manejo de agua pluvial teniendo en cuenta la escorrentía superficial de tal manera que no se afecten directamente o indirectamente las viviendas o predios de los habitantes de la zona de influencia, ya sea por inundaciones o deslizamientos, lo que traería consigo sobrecostos y retrasos en la ejecución del proyecto.
	ICE-3	Reutilización de materiales	Reducir los impactos del ciclo de vida, desde la extracción, producción y transporte de materiales vírgenes por materiales de reciclaje.
	ICE-4	Sostenibilidad financiera	Mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas, hacia la maximización del bienestar humano, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural, de tal modo que el ser humano adapte cada una de sus actividades y necesidades a la condición de su ambiente.
	ICE-5	Vinculación de gestión de activos y planificación	El desarrollo, la implementación y la integración de un marco de gestión de activos basado en la norma ISO 55001 garantiza que las organizaciones gestionen su rendimiento, riesgos y costos de forma muy eficaz y eficiente. Para los proyectos de infraestructura vial se tiene en cuenta la gestión del ciclo de vida y los enfoques de gestión de riesgos.
	ICE-6	Análisis económicos	Los análisis económicos utilizan los principios del análisis de costo-beneficio o análisis del impacto económico, demostrando los beneficios para el usuario, incluyendo los beneficios ambientales, económicos y sociales, así como justifican los costos totales del ciclo de vida.
Funcional y sociocultural	RQCFS-1	Plan de mitigación de ruido	Contar con un plan de mitigación de ruido durante la construcción para no ocasionar afectaciones a los residentes que se encuentra en la zona del proyecto
	RQCFS-2	Capacitación ambiental	Capacitar ambientalmente a las partes interesadas con el fin de lograr y crear conciencia sobre sanciones a los infractores de normas ambientales, normas generales de conducta en el desarrollo del proyecto y especies de fauna silvestre en la zona.
	ICFS-1	Alcance cultural	Hacer la interacción pertinente para el buen manejo de pertenencia, preservando la identidad cultural, usos tradicionales de fauna y flora del área de influencia del proyecto.

	ICFS-2	Uso del suelo / planificación comunitaria	Equilibrar las necesidades de la comunidad y el transporte a través de una mayor participación del público en el desarrollo del proyecto.
	ICFS-3	Planificación Integrada: social	Valoración de la viabilidad social de las obras y el logro de la inserción de los proyectos de infraestructura en el medio social, a través de programas de planificación y comunicación que garanticen la participación activa de la comunidad, para la apropiación y la sostenibilidad social de las obras.
	ICFS-4	Gestión de demanda de viajes	Promover los afluentes de turistas mediante la inversión en vías y senderos que comunican las ciudades, impactando positivamente el ecoturismo reduciendo los tiempos entre ciudades.
	ICFS-5	Preservación histórica, arqueológica y cultural	Preservar, proteger o mejorar los bienes culturales e históricos, asimismo, evitar conflictos con la comunidad del área de influencia directa del proyecto.
	ICFS-6	Cualidades escénicas, naturales o recreativas	Preservar, proteger y/o mejorar las rutas designadas con cualidades escénicas, naturales y/o recreativas significativas, con el fin de mejorar el disfrute público de las instalaciones.
	ICFS-7	Transporte multimodal y salud pública	Promover modos alternativos de transporte como vías para bicicletas, así como para peatones, incorporando a su vez el transporte público, permitiendo así, conectividad multimodal.
Avance del proceso	RQCAP-1	Plan de proyección	Contar un plan donde se identifique la preparación del proyecto, su planificación integral, la creación de condiciones sostenibles para la utilización y explotación de la zona de ejecución del proyecto.
	RQCAP-2	Proceso constructivo	Contar con un plan que describa la planificación y control que se lleva desde el momento de la ejecución del proyecto.
	ICAP-1	Evaluación del ciclo de vida	La evaluación de los impactos establecidos para así pasar los datos desde el inventario a una lista de datos interpretados según la capacidad de afectar el medio, dicho proceso se llevará a cabo en varios pasos, clasificación, caracterización, normalización y valoración sin dejar de lado aspectos fundamentales como durabilidad y reciclabilidad.
	ICAP-2	Acceso peatonal	Facilitar el tránsito de los peatones y su acceso a las instalaciones colindantes, contando con una buena señalización en cada una de las áreas del proyecto.
	ICAP-3	Acceso para bicicletas	Establecer o mejorar las instalaciones para bicicletas con el fin de que sea el transporte principal para los trabajadores.
	ICAP-4	Sistema abierto para vehículos de alta ocupación	Habilitación para la circulación de vehículos de alta ocupación ya sea permanente o temporal con horario fijo o en función del estado de la circulación. Estos factores serán tenidos en cuenta en el diseño.
	ICAP-5	Equilibrio en el movimiento de tierras	Reducir la necesidad de transporte de materiales equilibrando las cantidades de corte y relleno.

	ICAP-6	Pavimento de larga vida	Minimizar los costos de vida mediante el diseño de estructuras de pavimento de larga duración.
	ICAP-7	Pavimento permeable	Implementar sistemas urbanos de drenaje sostenible como lo es el pavimento permeable con el fin de minimizar los impactos de la urbanización del ciclo hidrológico.
	ICAP-8	Pavimento tranquilo	Disminuir el ruido de los neumáticos cuando entran en contacto con el asfalto.
	ICAP-9	Innovación	Incorporación de innovaciones significativas en transporte ambientalmente sostenible.
	ICAP-10	Técnicas de bioingeniería	Incrementar el uso de la bioingeniería del suelo para reducir la cantidad de relleno de piedra pesada extraída y transportada al sitio, reducir la cantidad de escorrentía y erosión del sitio e incrementar la cantidad de secuestro de carbono.
	ICAP-11	Flujo de tráfico mejorado	Reducir el consumo de petróleo y las emisiones al aire mejorando el flujo del tráfico.
	ICAP-12	Transporte de mercancías	Mejorar la movilidad de carga, disminuir el consumo de combustible, los impactos de las emisiones y reducir el ruido relacionado al transporte de mercancías.
	ICAP-13	Gestión de sistemas de transporte y operaciones	Proporcionar la adecuada planificación de accesibilidad de tránsito para la ejecución de operaciones dentro del proyecto.
	ICAP-14	Resiliencia de infraestructura	Promover la gestión del riesgo y la adaptación de la infraestructura vial al cambio climático: considerando la siguiente normatividad: Ley 1508 de 2012, que establece el régimen jurídico de las Alianzas Público Privadas; Ley 1682 de 2013 (Ley de Infraestructura), que define como características de la infraestructura de transporte la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático, con acciones de mitigación.
	ICAP-15	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto	Planear correctamente el desarrollo de proyectos sensibles al contexto puede llevar a cabo un acercamiento tanto a las comunidades como a las corporaciones regionales que ayuden al correcto desarrollo del proyecto sin tener retrasos en actividades críticas.
	ICAP-16	Plan de control de calidad de la construcción	Asegurar la garantía del contratista permite que la entidad estatal pueda cubrir los perjuicios que sean imputables al contratista por una deficiente calidad de los bienes recibidos, lo cual permite que no se presente detrimento en el patrimonio público.
	ICAP-17	Diseño geométrico	Conectar el proyecto con la infraestructura vial existente, acoplándose correctamente a la topografía y demás condicionantes como accesos, redes, árboles, corrientes de agua, entre otros.
Nivel de seguridad	RQCNS-1	Auditoría en seguridad	Contratar una empresa responsable y de prestigio que realice una auditoría de seguridad vial para el proyecto.
	RQCNS-2	Cumplimiento de la normativa	Control en el estricto cumplimiento de la normativa o política nacional en materia de seguridad vial.

	RQCNS-3	Plan de mantenimiento	Tener un plan de mantenimiento para la conservación de la superficie de la vía.
	ICNS-1	Sistema de gestión de pavimento	Contar con un sistema de seguimiento y control con el fin de asegurar la garantía del pavimento construido.
	ICNS-2	Preservación y mantenimiento de infraestructura vial	Mejorar la eficacia y la eficiencia de las labores de mantenimiento de la red vial nacional no concesionada. Asimismo, brindar estándares verificables para un conjunto amplio de actividades de mantenimiento de las carreteras.
	ICNS-3	Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico	Modernización y ampliación del sistema de semaforización, estructurando e implementando un subsistema de regulación de tráfico que permita interactuar con sistemas inteligentes de tránsito y transporte.
	ICNS-4	Zona de trabajo de control de tráfico	Proteger la salud humana mediante la incorporación de procesos de análisis cuantitativo de seguridad en el desarrollo del proyecto que reducirá graves lesiones y muertes dentro del área del proyecto.
		<b>Total</b>	<b>14 requerimientos pre-evaluación. 52 indicadores.</b>

Fuente: autoras.

[1] Categoría de valoración de sostenibilidad en proyectos viales.

[2] Nomenclatura de indicadores.

[3] Indicadores de valoración de sostenibilidad en proyectos viales.

[4] Descripción de los requisitos necesarios para ejecutar la valoración del indicador.

## 7.2 MATRIZ DE LA GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS VIALES

En la Tabla 12 se muestra el formato que proponen las autoras para realizar la evaluación de sostenibilidad en proyectos viales, cada categoría e indicador cumple con las condiciones propias de biodiversidad geográfica presentes en el territorio nacional, y la cantidad de los mismos permiten que se valore gran parte, sino es que todos los factores presentes en el desarrollo de un proyecto de infraestructura vial.

Tabla 12. Formato de evaluación de la guía de sostenibilidad en proyectos viales.

[1] Categoría	[2] Nomenclatura	[3] Indicador / Requerimiento	[4] Calificación dada	[5] % Cumplimiento Indicador- requerimiento	[6] % Cumplimiento categoría	[7] % Cumplimiento proyecto vial
Ambiental	RQCA-1	Proceso de revisión ambiental				
	RQCA-2	Plan de gestión de residuos				
	RQCA-3	Plan de prevención de la contaminación				
	RQCA-4	Estudio para desarrollo de bajo impacto				
	RQCA-5	Plan de mantenimiento del sitio				
	ICA-1	Sistema de gestión ambiental				
	ICA-2	Control de flujo de escorrentía				
	ICA-3	Conectividad ecológica				
	ICA-4	Reducción del uso de combustible fósil				
	ICA-5	Seguimiento del uso del agua				
	ICA-6	Eficiencia energética				
	ICA-7	Soluciones sensibles al contexto				
	ICA-8	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas				
	ICA-9	Mejores prácticas de gestión				
	ICA-10	Minimización de materiales peligrosos				
ICA-11	Planificación integrada: entorno natural					
ICA-12	Calidad del aire					
ICA-13	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional					
ICA-14	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales					
ICA-15	Evaluación del impacto ambiental					

	ICA-16	Evaluación ambiental estratégica				
	ICA-17	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental				
	ICA-18	Sistema de gestión de calidad				
<b>Económica</b>	RQCE-1	Análisis de costos del ciclo de vida				
	RQCE-2	Inventario del ciclo de vida				
	ICE-1	Materiales regionales				
	ICE-2	Análisis de costos de aguas pluviales				
	ICE-3	Reutilización de materiales				
	ICE-4	Sostenibilidad financiera				
	ICE-5	Vinculación de gestión de activos y planificación				
	ICE-6	Análisis económicos				
<b>Funcional y sociocultural</b>	RQCFS-1	Plan de mitigación de ruido				
	RQCFS-2	Capacitación ambiental				
	ICFS-1	Alcance cultural				
	ICFS-2	Uso del suelo / planificación comunitaria				
	ICFS-3	Planificación Integrada: social				
	ICFS-4	Gestión de demanda de viajes				
	ICFS-5	Preservación histórica, arqueológica y cultural				
	ICFS-6	Cualidades escénicas, naturales o recreativas				
	ICFS-7	Transporte multimodal y salud pública				
<b>Avance del proceso</b>	RQCAP-1	Plan de proyección				
	RQCAP-2	Proceso constructivo				
	ICAP-1	Evaluación del ciclo de vida				

	ICAP-2	Acceso peatonal				
	ICAP-3	Acceso para bicicletas				
	ICAP-4	Sistema abierto para vehículos de alta ocupación				
	ICAP-5	Equilibrio en el movimiento de tierras				
	ICAP-6	Pavimento de larga vida				
	ICAP-7	Pavimento permeable				
	ICAP-8	Pavimento tranquilo				
	ICAP-9	Innovación				
	ICAP-10	Técnicas de bioingeniería				
	ICAP-11	Flujo de tráfico mejorado				
	ICAP-12	Transporte de mercancías				
	ICAP-13	Gestión de sistemas de transporte y operaciones				
	ICAP-14	Resiliencia de infraestructura				
	ICAP-15	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto				
	ICAP-16	Plan de control de calidad de la construcción				
	ICAP-17	Diseño geométrico				
	<b>Nivel de seguridad</b>	RQCNS-1	Auditoría en seguridad			
RQCNS-2		Cumplimiento de la normativa				
RQCNS-3		Plan de mantenimiento				
ICNS-1		Sistema de gestión de pavimento				
ICNS-2		Preservación y mantenimiento de infraestructura vial				
ICNS-3		Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico				
ICNS-4		Zona de trabajo de control de tráfico				

Fuente: autoras.

Para darle continuidad al formato, en la Tabla 13 se presentan los rangos de calificación los cuales serán utilizados para llenar la columna [4] de la Tabla 12, calificación que se fundamenta en lo visualizado y comentado por la comunidad durante la visita técnica. De igual manera, establecer rangos permite evaluar cualitativa y cuantitativamente los requerimientos pre- evaluación e indicadores propuestos por las autoras.

Tabla 13. Rangos de calificación de indicador y requerimiento.

Descripción del rango	Calificación dada
Muy bajo	1-2
Bajo	3-4
Media	5-6
Alta	7-8
Muy alta	9-10

Fuente: autoras.

Por último, al obtener el porcentaje de cumplimiento del proyecto vial que se ubica en la columna [7] de la Tabla 12, se categoriza de manera simbólica como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Ranking de evaluación de la nueva guía de sostenibilidad en proyectos viales.

[8] Categorización del cumplimiento del proyecto de infraestructura vial evaluado.	
80% - 100%	 Oro
65% - 79.9%	 Plata
50% - 64.9%	 Bronce

Fuente: autoras.

- [1] Categoría de valoración de sostenibilidad en proyectos viales.
- [2] Nomenclatura de indicadores (RQ: Requerimiento - IC: Indicador Categoría).
- [3] Indicadores de valoración de sostenibilidad en proyectos viales.
- [4] Calificación otorgada luego de la visita técnica, la calificación se hace en un rango de 1 a 10.
- [5] Porcentaje de cumplimiento del indicador (Ej: 5 = 50%).
- [6] Promedio de los porcentajes de cumplimiento de cada indicador.
- [7] Promedio de los porcentajes de cumplimiento de cada categoría.
- [8] Definición simbólica del porcentaje de cumplimiento del proyecto de infraestructura vial evaluado.

## 8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente capítulo se fundamenta en la aplicación de la guía de evaluación de sostenibilidad para proyectos viales planteada por las autoras, aplicando las indicaciones que se encuentran en la sección 6.3 del presente documento.

De acuerdo a lo que se estipula en la carta magna el “art 2<sup>7</sup>. establece que “Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución...” a su vez el art 8<sup>8</sup>. establece “Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”; en base a lo anterior, se destaca el compromiso de la Gobernación de Boyacá al atender el llamado que se hace en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014 - 2018 “Todos por un nuevo país” que indica como la falta de infraestructura para brindar la conexión de las regiones es un obstáculo que limita el desarrollo económico, causando costos elevados en transporte y disminuyendo la competitividad del productor local (DNP, 2013). De acuerdo con el art 300. de la constitución nacional, corresponde a los departamentos por medio de ordenanzas “Expedir las disposiciones relacionadas con la planeación, el desarrollo económico y social, el apoyo financiero y crediticio a los municipios, el turismo, el transporte, el ambiente, las obras públicas, las vías de comunicación, y el desarrollo de sus zonas de frontera” es por esto que debido a la conmemoración de los 200 años de independencia cumplidos en el año 2019 la gobernación de Boyacá, consolidó el Contrato Plan Boyacá Bicentenario con el fin de brindar soluciones de conectividad a las comunidades rurales, así como de ayudar al campo boyacense para que aumentará su competitividad y siguiera consolidándose como la mayor despensa agrícola del país. Dicho Contrato establece 28 proyectos de inversión, y específicamente al proyecto “*Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá*” es al

---

<sup>7</sup> <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-estrategicos/gestion-de-informacion-y-comunicacion/constitucion-politica/derechos/articulo-2.aspx>

<sup>8</sup> <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>

que se le aplica la guía de evaluación de sostenibilidad propuesta por las autoras en el presente documento, para poder identificar qué manejo se lleva a cabo en la ejecución de este tipo de proyectos y si realmente se le da cumplimiento al art 8 citado anteriormente, así como de los indicadores antes establecidos.

## 8.1 GENERALIDADES DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN BOYACÁ

El departamento de Boyacá posee una longitud vial de 9.348 km, entre vías primarias, secundarias y terciarias en sus 123 municipios, este departamento es el segundo en número de municipios, el séptimo en extensión y el noveno en número de habitantes en relación a otros departamentos pertenecientes a la región Andina. El Contrato Plan Boyacá Bicentenario costó cuatrocientos setenta mil novecientos veinte millones de pesos (\$470.920.000.000,00) con los que se buscó el beneficio de 65 municipios y brindar atención a alrededor de 188 km de vías urbanas, interurbanas y rurales (Informe conectividad vial, 2017). Boyacá ofrece una amplia cobertura y comunicación intermunicipal debida a su red vial, y esta se discrimina de la siguiente manera en la Tabla 15.

Tabla 15. Red Vial del Departamento de Boyacá.

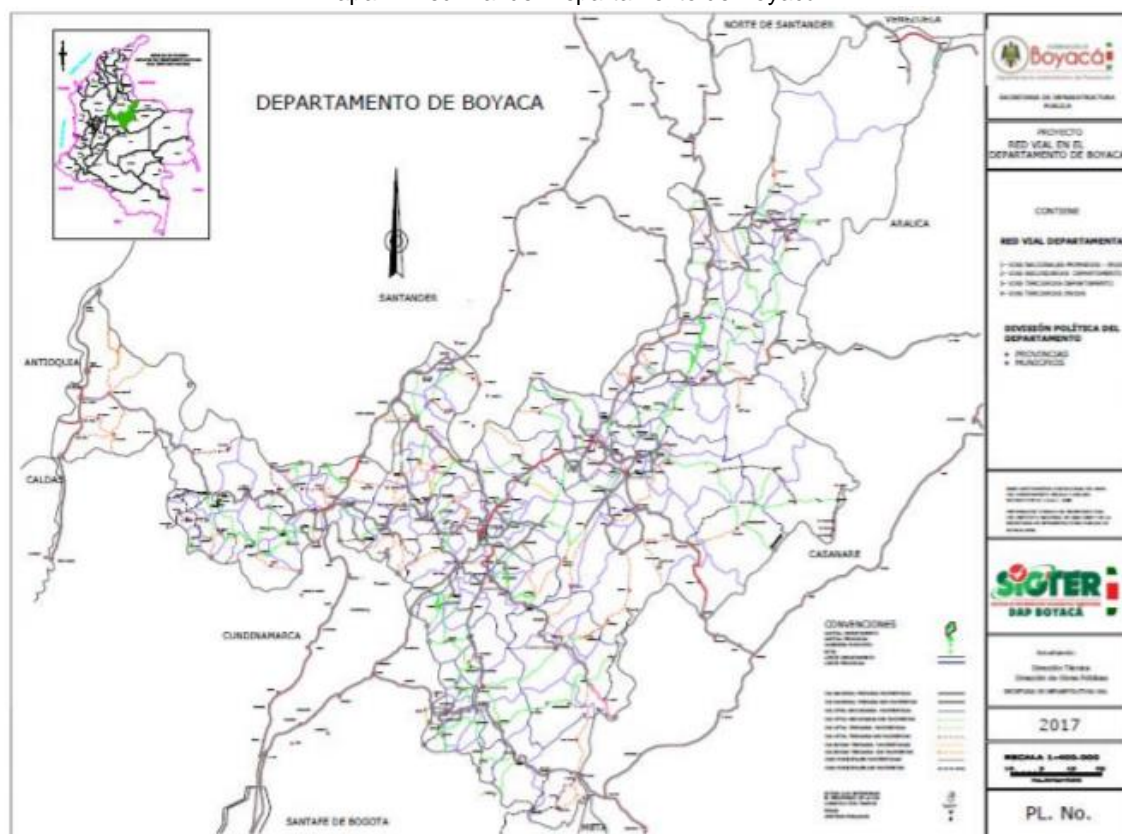
Categoría	Longitud superficie de rodadura		Total (Km)
	Pavimento (Km)	Afirmado (Km)	
Primaria (N)	755,95	269,65	1025,6
Secundaria (D)	637,9	1798	2435,9
Terciaria (D)	26,35	3249	3275,35
Terciaria (N)	0	2611,89	2611,89
<b>Total</b>	<b>1420,2</b>	<b>7928,54</b>	<b>9348,74</b>

Fuente: Invias y secretaria de infraestructura pública de Boyacá, 2017 - N: Nacional; D: Departamental.

En el Mapa 1 se observa la red vial del departamento de Boyacá<sup>9</sup>, la cual se encuentra administrada por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), entidades delegadas por el Ministerio de Transporte (Informe conectividad vial, 2017).

<sup>9</sup> <https://www.boyaca.gov.co/images/InformacionInteres/Informe-Conectividad-Vial2017.11.15.pdf>

Mapa 1. Red Vial del Departamento de Boyacá.



Fuente: Gobernación de Boyacá, 2017.

## 8.2 ESTUDIO DE CASO

El proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá” se localiza en la provincia centro del departamento de Boyacá (Mapa 2), su objetivo principal fue brindar a la población una mejor transitabilidad, ya que dicha vía pertenece al área metropolitana de la ciudad de Tunja y al corredor turístico de Las Hinojosas. La rehabilitación fue de 8,02 km de los 9 km de longitud del tramo, y el valor de quince mil novecientos millones de pesos (\$15.900.000.000), la intervención fue tipo mantenimiento rutinario y periodico. Se proyectó que la intervención beneficiaría a una población de alrededor de 217.227 habitantes, residentes de los municipios de Tunja, Soracá, Toca y Chivatá según las proyecciones del censo del 2005 hecho por el DANE. En términos de transporte, se estableció que el proyecto permitió el aumento de la velocidad promedio de tránsito en aproximadamente 28 km/h para autos, mientras que para servicio de carga aproximadamente 11 km/h, cálculos

realizados a partir de los volúmenes de tránsito publicados por el INVIAS (Informe conectividad vial, 2017).

Mapa 2. Localización del proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”.



Fuente: Gobernación de Boyacá, 2017.

### 8.2.1 Santiago de Tunja (Boyacá)

Tunja es un municipio localizado a 5° 31' 59" de latitud norte y 73° 22' 1" de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich, cuenta con una extensión territorial de 121,5 km<sup>2</sup>, se ubica en la provincia centro del departamento de Boyacá y es la capital del mismo, a su vez es la capital más alta del territorio nacional, lo que genera que sea una de las ciudades más frías, su cabecera municipal tiene una altitud de 2.782 m.s.n.m., la temperatura media es de 13 °C; limita por el norte con Motavita y Cómbita, por el oriente con Oicatá, Chivatá, Soracá y Boyacá, por el occidente con Samacá, Cucaita y Sora, y por el sur con Ventaquemada.

Imagen 1. Municipio de Santiago de Tunja.



Fuente: Boyacá radio.

### **8.2.1.1 Variables climáticas**

Mediante los datos hidrometeorológicos del IDEAM medidos por las estaciones presentes en el municipio se pudo determinar a través de los valores medios mensuales que:

#### **➤ Precipitación**

Este municipio presenta una distribución de precipitación de carácter bimodal, se presentan dos periodos secos, en uno se evidencia una disminución de la precipitación que es en los meses de junio, julio y agosto; mientras que el otro es un periodo bien seco en los meses de diciembre, enero y febrero; de igual manera se presentan dos periodos húmedos, el primero es en los meses de marzo, abril y mayo, y el segundo en los meses de octubre y noviembre (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

#### **➤ Temperatura**

La temperatura media anual medida en la estación UPTC registró variaciones entre 12,3°C y 13,8°C (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

#### **➤ Brillo Solar**

De acuerdo a la medición reportada por la estación UPTC, el municipio ha registrado en el mes de enero el mayor número de horas de brillo solar, siendo estas 222,1 horas/mes, coincidiendo con el periodo seco; el valor total medio anual de brillo solar en la zona es de 1969,5 horas (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

### **8.2.1.2 Clasificación hidrográfica**

El municipio de Tunja cuenta con dos vertientes, una al Orinoco desde la cuenca de Garagoa y otra al Magdalena desde la cuenca del Chicamocha; la cuenca del Chicamocha es la consolidación de cinco subcuencas (Chicamocha, Honda, La Cascada; Jordán y La Vega) mientras que la cuenca de Garagoa solo integra la subcuenca de Teatinos, es importante mencionar que la cuenca Jordán es la que

engloba el área urbana de Tunja (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

➤ **Cuenca del río Teatinos**

Tunja se abastece hidricamente del embalse de Teatinos, que se ubica en la cuenca alta del río que lleva el mismo nombre, dicha cuenca se localiza en dos municipios Ventaquemada y Samacá, en cuatro veredas del primero y en dos veredas del segundo, a su vez es importante mencionar que en épocas invernales se pone en funcionamiento dos motobombas para optimizar el suministro del agua (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

➤ **Cuenca del río Jordán**

La cuenca del río Jordán es la que engloba el área urbana de Tunja y esta ha sido impactada negativamente por los vertimientos residuales que recibe a lo largo de su paso por la ciudad, ya que la falta de un buen sistema de alcantarillado lo ha convertido en la captación de grandes contaminantes que han generado una notable disminución en el caudal (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

➤ **Cuenca del río La Vega**

El río nace en la parte norte del municipio de Motavita y recibe el nombre de Quebrada Honda, el cauce principal de esta cuenca sirve como afluente sobre todo en épocas invernales, aunque el recurso proveniente de este cauce no es apto para el consumo, debido al escurrimiento de productos agroquímicos así como las vertientes que realizan los condominios y en si el área residencial del municipio de Motavita, siendo la mayoría de carácter residual (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

### **8.2.1.3 Geología**

En torno a la geología regional, el Plan de Ordenamiento Territorial incluye los municipios de Ventaquemada, Soracá, Samacá, Chivatá, Oicatá, Cómbita y Motavita, dicha área forma parte de la meseta cundiboyacense y se ubica en la

cordillera oriental. Se presentan las siguientes formaciones producto de la conformación de rocas de tipo sedimentarias depositadas en dos periodos durante el Cretácico - terciario y el cuaternario, estas son: Grupo Churuvita (Ksch), Formación Conejo (Kscn), Grupo Guadalupe (Ksg), Formación Guaduas (Tkg), Formación Cacho (Tpc), Formación Bogotá (Tpb) y Formación tilatá (Tqt) para el primero y Depósito aluvial (Qal), Depósito fluvio - lacustre (Qfl) y Depósito coluvial (Qc) para el segundo (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

➤ **Geología estructural**

Posterior a la formación de las rocas estas se ven sometidas a fuerzas geológicas resultado de la actividad dinámica de las placas tectónicas, que generan que las rocas se fracturen o se plieguen, una fractura o falla se reconoce por la dirección del desplazamiento, en la zona se presentan las siguientes fallas: La vega, Yerbabuena, El Gacal, Zamora, Chivatá, Teatinos, Guantoque y algunas fallas menores; por otro lado los pliegues son de dos tipos y obedecen a la creación de sinclinales y anticlinales producto del plegamiento de las capas, en la zona se presentan los siguientes pliegues: Sinclinal de Tunja, Sinclinal de Ventaquemada - Tunja, Anticlinal del Consumidero, Anticlinal de Puente Hamaca, Anticlinal de Puente de Boyacá y algunos pliegues menores (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

➤ **Geología económica**

Se reconoce la presencia de yacimientos mineros en la zona, la explotación es de materiales de construcción como arenas, agregados y arcilla (ladrillo), dicha explotación se da en la periferia de la ciudad de Tunja y en los municipios de la región se destaca la explotación de carbón. Para la obtención de ladrillo se emplean hornos de fuego dormido, se reconoce que las presencias de estos generan afectación en la calidad del aire por las partículas en suspensión que se emiten durante la quema y cocción del producto (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

#### 8.2.1.4 Uso potencial

Se refiere al uso que tiene el suelo por vocación, sin necesidad de que se le realice alguna intervención para que este aumente su nivel productivo. El uso potencial de los suelos de Tunja se realizó de acuerdo a la capacidad agrológica y edáfica a partir de la información que brinda el IGAC en los estudios de suelos del año 2005, el producto de la investigación dio dos resultados, primero suelos de conservación que a su vez se dividen en suelos de protección y suelos forestal protector - productor y segundo, suelos de producción que se integran por suelos agrícolas, agropecuarios y agroforestales (Primera modificación excepcional POT Tunja, 2013).

#### 8.2.1.5 Conflictos de uso del suelo

Estos se presentan cuando el uso que se le da al suelo no es recomendado de acuerdo a sus condiciones naturales, la identificación de los suelos en conflicto es el resultado de la trasposición del mapa de uso actual del suelo y el de uso potencial del suelo, de esta manera, en la Tabla 16 se presentan los siguientes conflictos identificados para Tunja.

Tabla 16. Suelos en conflicto de uso.

Clase detallada	Uso potencial	Conflicto	Área
Bosque fragmentado, pastos limpios, tejido urbano continuo.	Agrícola	Subutilizado	271,319 Ha
Tejido urbano continuo.	Agropecuario		
Bosque denso, bosque fragmentado, mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios, tubérculos.	Agropecuario	Sin conflicto	4920,29 Ha
Bosque denso, bosque fragmentado, tejido urbano continuo.	Agroforestal		
Bosque denso.	Forestal protector - productor		
Bosque denso.	Protector		
Bosque fragmentado.	Urbano		

Mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios, tubérculos.	Agroforestal	Inadecuado	2384,89 Ha
Bosque fragmentado, mosaico de pastos y cultivos, tejido urbano continuo, tubérculos.	Forestal protector - productor		
Bosque fragmentado.	Protector		
Mosaico de pastos y cultivos, tubérculos.	Urbano		
Tierras desnudas y degradables.	Agrícola	Muy inadecuado	4497,45 Ha
Tierras desnudas y degradables.	Agropecuario		
Tierras desnudas y degradables.	Agroforestal		
Pastos limpios, tierras desnudas y degradables.	Forestal protector - productor		
Mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios, tejido urbano continuo, tierras desnudas y degradables, tubérculos.	Protector		
Pastos limpios, tierras desnudas y degradables.	Urbano		

Fuente: primera modificación excepcional POT Tunja, 2013 - Anexo Técnico Físico Biótico.

**Descripción:**

**Subutilizado:** el uso potencial de un área no es utilizada en toda su capacidad.

**Sin conflicto:** la cobertura en su uso actual es acorde al uso potencial.

**Inadecuado:** la cobertura en uso actual no es acorde con la indicada en el uso potencial.

**Muy inadecuado:** la cobertura tiene un uso actual excesivo respecto al uso potencial del suelo.

### 8.2.2 Chivatá (Boyacá)

Chivatá es un municipio localizado a 5° 34' 30" de latitud norte y 73° 17' 00" de longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, cuenta con una extensión territorial de 56 km<sup>2</sup>, se ubica en la provincia centro del departamento de Boyacá a unos 9 km de la capital del departamento (Tunja) y su cabecera municipal tiene una altitud de 2.903 m.s.n.m., la temperatura media es de 16 °C; limita por el norte con Oicata, Toca y Tuta, por el oriente con Toca y Siachoque, por el occidente con Tunja, y por el sur con Siachoque y Soracá.

Imagen 2. Municipio de Chivatá.



Fuente: Noticias Caracol.

### **8.2.2.1 Variables climáticas**

El Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chivatá incluye el análisis de diferentes factores climatológicos, basados en datos obtenidos en las siguientes estaciones meteorológicas: UPTC, Chivatá, Siachoque, San Pedro, Casa Amarilla, El Hotel, El Garrocho y La Hacienda.

#### **➤ Precipitación**

Chivatá tiene un patrón de distribución de lluvias de tipo bimodal con periodos de concentración de aproximadamente 3 meses de duración, (abril a junio y septiembre a noviembre) siendo octubre el mes más húmedo, se intercala con dos periodos de baja pluviosidad (diciembre a marzo y julio a agosto) donde enero y febrero son los meses más secos (Capítulo V EOT Municipio Chivatá, 2001).

#### **➤ Temperatura**

Teniendo en cuenta los datos de la estación Tunja- UPTC Chivatá cuenta con una temperatura mínima mensual promedio anual de 11.4 °C, y máxima anual de 14,7°C. Aunque es relevante mencionar que hacia el sur de Chivatá el piso térmico páramo se extiende entre los 3.000 y 3.100 m.s.n.m cuyas temperaturas oscilan entre 0° y 12°C de las horas de la tarde al amanecer (Capítulo V EOT Municipio Chivatá, 2001).

### ➤ **Brillo solar**

Siendo el brillo solar una de las variables que más influyen en la evaporación, Chivatá cuenta con un promedio multianual entre 1600 y 1931,1 horas sol/año (Capítulo V EOT Municipio Chivatá, 2001).

### **8.2.2.2 Clasificación hidrográfica**

En el municipio de Chivatá el agua es abundante a nivel subterráneo al cual comprende parte del acuífero de pozos de la capital Tunja lo mismo en su cercanía hay grandes represas como la de Rumba y la represa de La Copa, las cuales utilizan sus aguas con propósitos agrícolas, negando la posibilidad de agua por servicio de acueducto a esta pequeña población; otra potencialidad hídrica cercana es el páramo del municipio de Siachoque (Capítulo V EOT Municipio Chivatá, 2001).

### ➤ **Cuencas hidrográficas**

La distribución de las cuencas hidrográficas que conforman el municipio de Chivatá se observan en la Tabla 17, y es importante resaltar que la única microcuenca que se encuentra completamente contenida dentro del municipio es la Quebrada Raque, ocasionando que Chivata se convierta en fuente de abastecimiento de las subcuencas y microcuencas de la región, pero como se ya se había mencionado anteriormente, las características del uso del suelo han generado que el agua sea cada vez más escasa, considerando la presión antrópica hacia la disponibilidad de recursos se relaciona directamente que hacia los municipios de Tunja y Oicatá las condiciones climatológicas sean secas, y por tal motivo se potencia el uso de agua subterránea (Capítulo VI EOT Municipio Chivatá, 2001).

Tabla 17. División de cuencas hidrográficas.

Gran cuenca	Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área* (Ha)
Río Magdalena	Río Chicamocha	Quebrada Honda-	Quebrada Raque	581,89
		Río Chulo		1351,93
		Río Tuta	Quebrada Carbonera o Desaguadero	2051,74
			Río Chorrera	265,69
		Río Toca o Cormechoque	1285,16	
Río Orinoco	Río Meta	Río Jenesano		62,57
*Área de la cuenca dentro del municipio de Chivatá.				

Fuente: capítulo VI EOT Municipio Chivatá, 2001.

### ➤ Aguas subterráneas

El alto potencial de aguas subterráneas en el municipio se encuentra en el relleno del cuaternario de origen lacustre el cual alcanza un espesor de aproximadamente 200 metros. Según la potencialidad de los acuíferos da hasta 70 litros/segundo ubicado en La Meseta de la zona urbana y valle vereda La Carbonera extendiéndose al acuífero de Tunja en vereda Ricaya limitando con vereda Pirgua (Capítulo V EOT Municipio Chivatá, 2001).

### ➤ Páramo de Siachoque

El páramo de Siachoque se encuentra a una altitud de 4.100 m.s.n.m a una distancia de 15.2 km del municipio de Chivatá, tiene una temperatura promedio de 6°C, el municipio del mismo nombre lo atraviesan los ríos Cormechoque, Tocavita y Turga (Correa, 1987).

### 8.2.2.3 Geología

En el municipio las rocas sedimentarias marinas del Cretácico ocupan una extensa zona de la Cordillera Oriental, suprayacidas concordantemente por las

rocas Terciarias, evidenciando un sólo ciclo de avance marino que concluyó a finales del Cretácico e inicios del Terciario (Capítulo VI EOT Municipio Chivatá, 2001).

#### ➤ **Geología estructural**

Se identifica una importante variedad litológica de las rocas y depósitos suponiendo diversas composiciones y propiedades físicas que redundan en una mayor o menor susceptibilidad a presentar amenazas. El Esquema de Ordenamiento Territorial identificó que en el municipio se presentan con mayor frecuencia los procesos de deslizamientos, erosión laminar y difusa, y cárcavamientos en la Formación labor y Tierna, asimismo, los procesos de cárcavamiento y de erosión se presentan también en las formaciones Bogota (Tpb), Guaduas (TKg) y Plaeners (Ksgp), pero las frecuencias de las amenazas en estas formaciones son menores, finalmente, las formaciones restantes como la Conejo (Kscn ) y la Plaeners (Ksgp) así como los depósitos Coluviales (Qc) son sectores que se pueden considerar como los más estables pues presentan una menor susceptibilidad a generar procesos de inestabilidad o erosión (Capítulo VI EOT Municipio Chivatá, 2001).

#### ➤ **Geología económica**

Se reconoce la explotación de areniscas en las veredas Pontezuela, Siatoca y Ricayá al Oriente del casco urbano, contemplando la explotación de mantos de carbón sobre la formación guaduas; el inadecuado manejo de residuos líquidos y sólidos, son el principal impacto ambiental ocasionado por la ilegalidad minera de siete pozos, los cuales afectan la actividad biológica y el equilibrio de los ecosistemas existentes. Por otra parte, la explotación de arcilla de la Formación Tilatá es aprovechada para la fabricación de ladrillos y tejas, la anterior actividad minera es relevante ya que provee un beneficio económico para el municipio, pero también influye de manera notoria sobre los recursos naturales y sobre el bienestar social de la población (Análisis y Evaluación del EOT Municipio Chivatá, 2001).

#### 8.2.2.4 Uso potencial

Se refiere al uso que tiene el suelo por vocación, sin necesidad de que se le realice alguna intervención para que este aumente su nivel productivo. Posteriormente, a realizar un inventario de suelos y una primera interpretación de la clasificación agrológica se espacializó la alternativa potencial más adecuada de acuerdo a las características geográficas y socioeconómicas del municipio, y se determinaron las siguientes clases de suelos: tierras cultivables, tierras para pastos, tierras para bosques productores, tierras para bosques protectores, tierras para recuperación y tierras para la construcción de embalse (Capítulo VIII EOT Municipio Chivatá, 2001).

#### 8.2.2.5 Conflictos de uso del suelo

La información contradictoria y no concisa por parte del EOT del municipio con respecto a los conflictos de uso del suelo, según el análisis del mismo, no permite que se lleve una descripción detallada. Sin embargo, un informe del año 2016 por parte del portal virtual del IGAC, hace referencia a que el 97% de los suelos del municipio se encuentran afectados por la sobreutilización. Ahora bien, los porcentajes arrojados por la cartografía del EOT corresponde al año de 1999 y como se evidencia en la Tabla 18 hay un desfase de porcentajes de áreas de uso del suelo en conflicto, obviando el intervalo de tiempo.

Tabla 18. Conflicto de uso del suelo.

Tipo de conflicto	Área (Ha)	%
Subuso	60,65	1,22%
Equilibrio	1582,23	31,92%
Bajo por sobreuso	4,16	0,08%
Medio por sobreuso	2020,79	40,77%
Alto por sobreuso	28,12	0,57%
Muy alto por sobreuso	1237,11	24,96%
PU	24,01	0,48%
Total	4957,08	100%

Fuente: mapa de conflictos de uso del suelo EOT Municipio Chivatá, 1999.

### **8.2.3 Sistema electrónico de contratación pública (SECOP)**

En la plataforma electrónica se puede identificar que el proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá” tiene el número de proceso: CV-GB-0834-2017 celebrado mediante contratación directa y a la fecha se encuentra liquidado, dicho proceso unifica el mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de las vías departamentales de Soracá, Siachoque, Toca y Chivatá, por lo que se evidencia la unificación de las administraciones municipales para darle cumplimiento al proyecto, el contrato se firmó el día 06 de julio de 2017 y su entrega se dio el día 15 de febrero de 2018 (SECOP II, 2017).

## 9. APLICACIÓN DE LA GUÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN EL ESTUDIO DE CASO

En el presente capítulo se realiza la aplicación de la guía de evaluación de sostenibilidad, primeramente, se llevó a cabo la visita técnica el día 6 de enero de 2021 en horas de la mañana, seguidamente, se hizo la identificación de la vía (Imagen 3 - Imagen 4) y del casco urbano del municipio de Chivatá, de igual manera, se empezó a llenar el formato de la Tabla 12 del presente documento con la información visualizada en el transcurso del recorrido por la vía. En el Anexo A se encuentra el registro fotográfico de la visita y la justificación de la calificación dada a la gran mayoría de los indicadores de sus respectivas categorías.

Inicio de la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Final de la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Después de llevar a cabo la evaluación se obtuvo el porcentaje de cumplimiento de cada indicador y categoría como se observa en la columna [5] y [6] de la Tabla 19.

Tabla 19. Evaluación de la sostenibilidad en el proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”, a partir de la guía propuesta por las autoras.

[1] Categoría	[2] Nomenclatura	[3] Requerimiento / Indicador	[4] Calificación dada	[5] % Cumplimiento Indicador / requerimiento	[6] % Cumplimiento categoría	[7] % Cumplimiento proyecto vial
Ambiental	RQCA-1	Proceso de revisión ambiental	7	70	54	63
	RQCA-2	Plan de gestión de residuos	7	70		
	RQCA-3	Plan de prevención de la contaminación	3	30		
	RQCA-4	Estudio para desarrollo de bajo impacto	5	50		
	RQCA-5	Plan de mantenimiento del sitio	7	70		
	ICA-1	Sistema de gestión ambiental	7	70		
	ICA-2	Control de flujo de escorrentía	8	80		
	ICA-3	Conectividad ecológica	8	80		
	ICA-4	Reducción del uso de combustible fósil	2	20		
	ICA-5	Seguimiento del uso del agua	6	60		
	ICA-6	Eficiencia energética	2	20		
	ICA-7	Soluciones sensibles al contexto	8	80		
	ICA-8	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas	6	60		
	ICA-9	Mejores prácticas de gestión	5	50		
ICA-10	Minimización de materiales peligrosos	2	20			
ICA-11	Planificación integrada: entorno natural	3	30			
ICA-12	Calidad del aire	5	50			
ICA-13	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional	6	60			
ICA-14	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales	5	50			




	ICA-15	Evaluación del impacto ambiental	6	60		
	ICA-16	Evaluación ambiental estratégica	5	50		
	ICA-17	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	5	50		
	ICA-18	Sistema de gestión de calidad	7	70		
<b>Económica</b>	RQCE-1	Análisis de costos del ciclo de vida	6	60	63	
	RQCE-2	Inventario del ciclo de vida	6	60		
	ICE-1	Materiales regionales	7	70		
	ICE-2	Análisis de costos de aguas pluviales	8	80		
	ICE-3	Reutilización de materiales	5	50		
	ICE-4	Sostenibilidad financiera	6	60		
	ICE-5	Vinculación de gestión de activos y planificación	6	60		
	ICE-6	Análisis económicos	6	60		
<b>Funcional y sociocultural</b>	RQCFS-1	Plan de mitigación de ruido	8	80	70	
	RQCFS-2	Capacitación ambiental	2	20		
	ICFS-1	Alcance cultural	8	80		
	ICFS-2	Uso del suelo /planificación comunitaria	6	60		
	ICFS-3	Planificación Integrada: social	5	50		
	ICFS-4	Gestión de demanda de viajes	9	90		
	ICFS-5	Preservación histórica, arqueológica y cultural	8	80		
	ICFS-6	Cualidades escénicas, naturales o recreativas	8	80		
	ICFS-7	Transporte multimodal y salud pública	9	90		
<b>Avance del proceso</b>	RQCAP-1	Plan de proyección	2	20		
	RQCAP-2	Proceso constructivo	7	70		

	ICAP-1	Evaluación del ciclo de vida	6	60	65	
	ICAP-2	Acceso peatonal	9	90		
	ICAP-3	Acceso para bicicletas	9	90		
	ICAP-4	Sistema abierto para vehículos de alta ocupación	9	90		
	ICAP-5	Equilibrio en el movimiento de tierras	9	90		
	ICAP-6	Pavimento de larga vida	8	80		
	ICAP-7	Pavimento permeable	8	80		
	ICAP-8	Pavimento tranquilo	8	80		
	ICAP-9	Innovación	3	30		
	ICAP-10	Técnicas de bioingeniería	3	30		
	ICAP-11	Flujo de tráfico mejorado	2	20		
	ICAP-12	Transporte de mercancías	9	90		
	ICAP-13	Gestión de sistemas de transporte y peraciones	9	90		
	ICAP-14	Resiliencia de infraestructura	5	50		
	ICAP-15	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto	5	50		
	ICAP-16	Plan de control de calidad de la construcción	4	40		
	ICAP-17	Diseño geométrico	9	90		
Nivel de seguridad	RQCNS-1	Auditoria en seguridad	6	60	64	
	RQCNS-2	Cumplimiento de la normativa	6	60		
	RQCNS-3	Plan de mantenimiento	7	70		
	ICNS-1	Sistema de gestión de pavimento	6	60		
	ICNS-2	Preservación y mantenimiento de infraestructura vial	7	70		
	ICNS-3	Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico	7	70		
	ICNS-4	Zona de trabajo de control de tráfico	6	60		

Fuente: autoras.

Finalmente, a través de la nueva guía de evaluación de sostenibilidad para proyectos viales se determinó que la sostenibilidad del proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá” es de 63% de cumplimiento lo que lo ubica en el ranking de clasificación propuesto por las autoras en la clase bronce (Tabla 20), lo anterior permite identificar la necesidad de aumentar las prácticas de sostenibilidad desde la planificación hasta el mantenimiento y seguimiento del proyecto vial.

Tabla 20. Estado de la evaluación del proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”.

80% - 100%	 Oro
65% - 79.9%	 Plata
<b>50% - 64.9%</b>	 <b>Bronce</b>

Fuente: autoras.

## 10. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se discute lo visualizado a lo largo del recorrido llevado a cabo en la visita técnica, el cual es el fundamento de la calificación interpuesta a la mayoría de los indicadores.

Se pudo identificar que en la vía Tunja-Chivatá de manera general está en un buen estado, a pesar de que el inicio de la misma se encuentra deteriorada, posee huecos tipo ojo de pescado donde se puede visualizar material granular (Anexo A- Imagen 5); al avanzar en el reconocimiento se encontró plantas de producción de asfalto y concreto, así como ladrilleras y canteras (Anexo A- Imagen 6), que concuerdan efectivamente con las fuentes fijas de emisión, y la geología económica mencionadas en el POT<sup>10</sup> y EOT de Tunja y Chivatá, respectivamente; por otra parte, a lo largo del recorrido se percibe la existencia de obras de estabilización de taludes (Anexo A- Imagen 7), así como obras de drenaje (Anexo A- Imagen 8) que permiten el control y manejo de aguas provenientes de escorrentía y aguas residuales agropecuarias.

Posteriormente, se observó la presencia de zonas sociales (Anexo A- Imagen 9) dedicadas a la prestación de servicios y atención de eventos de tipo familiar, empresarial y educativo, se realizó entrevistas informales con la población y se puede concluir que estos lugares son altamente concurridos por las comunidades tunjanas y los turistas que llegan a la zona, asimismo, se localiza las sedes campestres de algunos colegios privados de Tunja (Anexo A- Imagen 10), también, el despacho de buses de servicio público urbano de Tunja (Anexo A- Imagen 11), según lo anterior, las autoras consideran que esta prestación de servicio es muy buena ya que abarca hasta las afueras del perímetro urbano, lo que permite que las comunidades tengan una óptima conectividad con la capital del Departamento, sin incurrir en gastos de transporte en términos de servicio intermunicipal; cerca de la zona anterior se encuentran zonas de recreación

---

<sup>10</sup> <https://www.dapboyaca.gov.co/planes-de-ordenamiento-territorial-2/>

como son: un campo de tiro, campo de golf, y las canchas de grama sintética y grama natural (Anexo A- Imagen 12) las cuales son distinguidas por la realización de campeonatos deportivos para diferentes edades, también.

Además, se identificó que en toda la vía el acceso a biciusuarios y peatones (en ambos casos con fines deportivos y/o laborales) es incluyente, ya que es constante encontrar señalización (Anexo A- Imagen 13- Imagen 14) que le indica a los conductores la necesidad de conducir con precaución y respeto al ciclista estando a 1,5 m de distancia; también, debido a que la zona es dedicada a la explotación de materiales de construcción y las actividades industriales mencionadas anteriormente hay transitabilidad en toda la vía de vehículos de carga pesada (Anexo A- Imagen 15), a su vez fue constante ver los vehículos de carga de la empresa dedicada a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos provenientes en su mayoría del sector salud (Anexo A- Imagen 16).

Finalmente, al llegar al municipio de Chivatá se diferencia la franja entre dos capas de rodadura (Anexo A- Imagen 17), siendo evidente la variación de la longevidad de las mismas, lo anterior es resultado de la incompleta intervención del proyecto, ya que, de los 9 km del trayecto, solo fueron intervenidos 8.2 km.

### **10.1 DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN**

A continuación, se presenta el análisis de cumplimiento de los indicadores, el cual se aborda por cada una de las cinco categorías, con el fin de mostrar la justificación de la valoración dada a dichas categorías.

En primer lugar, para la  *categoría ambiental*  se reconoció el impacto negativo que representa el uso de combustibles fósiles utilizados para el funcionamiento de la maquinaria y los equipos empleados en el proyecto, teniendo en cuenta que dicha maquinaria no tuvo una planificación energética; también se evidencia el impacto por la inadecuada gestión de residuos peligrosos ya que no hubo una segregación y separación, sino una disposición conjunta con los residuos ordinarios. A su vez, la planificación integrada: entorno natural se ve limitada,

teniendo en cuenta la descripción dada por el IGAC en relación a que el 97% de los suelos del municipio de Chivatá se encuentran afectados por la sobreutilización, lo que impide la regeneración natural del suelo siendo este un impacto negativo al medio; por otra parte, el no poseer un plan de prevención de la contaminación se refleja negativamente en diferentes factores como: la inadecuada separación de residuos peligrosos, la afectación a la calidad del aire, y la falta de protección para áreas de alto valor ambiental. Otra falencia de esta categoría, es el no cumplimiento del requisito pre- evaluación denominado estudio para el desarrollo de bajo impacto, puesto que no se evidenció que la ejecución del mantenimiento de la vía se haya desarrollado bajo una perspectiva sostenible, sino únicamente con el justificante de cumplir la viabilidad social; por tal motivo se juzga la falta de planificación estratégica, y a su vez el escaso seguimiento y control del uso del agua en la etapa de ejecución del proyecto.

Contrario a lo anteriormente mencionado, se pudo visualizar que parte de los requisitos pre- evaluación e indicadores que integran esta categoría tuvo una alta calificación, debido a que son indicadores que se basan en el cumplimiento de la normatividad que requiere este tipo de proyecto, aunque no dejan de tener falencias, lo que se convierte en una oportunidad para la mejora constante, dichos requisitos e indicadores son: proceso de revisión ambiental, plan mantenimiento del sitio, sistema de gestión ambiental, y sistema de gestión de calidad. Por otra parte, la diversidad ecológica de la zona es escasa por tal motivo, los indicadores que se relacionan con la temática: soluciones sensibles al contexto, proteger, restaurar y mejorar la vida silvestre, y conectividad ecológica, les fue atribuido una calificación alta, ya que el mantenimiento del corredor vial no impacta o deteriora el hábitat ecológica; a su vez, la realización de obras de drenaje permite que no se vea afectada ningún tipo de especie, puesto que se respetó el cauce principal que toman las aguas producto de la escorrentía.

En segundo lugar, para la  categoría económica  en términos generales se puede indicar que la calificación de los requisitos pre- evaluación e indicadores tuvo una valoración media, lo anterior se debe a la ejecución de buenas prácticas

económicas, aunque se invita a tener una mayor viabilidad económica, de igual manera, realizar una mejor gestión del inventario del ciclo de vida de los materiales requeridos para el desarrollo del proyecto aumente el uso eficiente de los recursos. Los requisitos e indicadores que obtuvieron dicha calificación media son: requisitos pre- evaluación: análisis de costos del ciclo vida e inventario del ciclo de vida, e indicadores: sostenibilidad financiera, reutilización de materiales, vinculación de gestión de activos y planificación, y análisis económicos. Por otra parte, se resalta el buen manejo otorgado a los siguientes indicadores: materiales regionales debido al apoyo e incentivación de las economías locales, a su vez la disminución que conlleva el pago de transporte al emplear materiales no locales; y costos de aguas pluviales porque como ya se ha mencionado anteriormente existe un buen manejo hidráulico.

En tercer lugar, para la   *categoría funcional y sociocultural*   se obtuvo una calificación alta y muy alta en la mayoría de los requerimientos e indicadores, dado que como se explicó en el análisis de la visita técnica, la ejecución del proyecto tiene énfasis social, puesto que se evidenció en diferentes ámbitos el constante uso y servicio que presta a toda la comunidad, así como a los sectores económicos, recreativos, educativos, de necesidades básicas, productivos e industriales localizados a la orilla y cercanías de la vía. En estos rangos se encuentran los siguientes: plan de mitigación del ruido, alcance cultural, gestión de demanda de viajes, preservación histórica, arqueológica y cultural, cualidades escénicas naturales o recreativas, y transporte multimodal y salud pública. A la vez, el uso del suelo /planificación comunitaria, y planificación integrada: social se le impuso un rango medio de calificación principalmente por la poca inclusión de la comunidad a lo largo del desarrollo del proyecto y por los conflictos de uso del suelo presentes en el municipio de Chivatá.

En cuarto lugar, para la   *categoría avance del proceso*   hay una variedad de rangos de calificación debido al amplio número de indicadores, por tal razón, se analiza mediante dos grupos: el primero se conforma por los rangos: muy bajo y bajo (1-4), y el segundo por los rangos: muy alta, alta y media (5-10). En ese orden de ideas, en el primer grupo se identificó un déficit en la planeación general

del proyecto, lo que justifica la calificación baja hacia los requerimientos e indicadores relacionados con este ítem: plan de proyección y plan de control de calidad de la construcción, a su vez, se visualizó que las prácticas sostenibles son insuficientes desde el surgimiento del proyecto, ya que se evidencia que la falta de innovación repercute en la contaminación del aire, lo que afecta la calificación del indicador flujo de tráfico mejorado, debido a la escasa aplicación de técnicas de bioingeniería, que tiene como finalidad la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

El segundo grupo está conformado por requerimientos e indicadores con calificaciones favorables para los cuales no se les descarta planes de mejora o prácticas estratégicas, que permitan aumentar la calificación de los mismos. Se comprobó la inclusión existente hacia diferentes tipos de transitabilidad en el corredor vial, como lo son: vehículos de carga pesada (transporte de material de construcción, transporte de alimentos, entre otros), vehículos de transporte especial, vehículos de servicio público, automóviles particulares, motocicletas, bicicletas y peatones, lo que permitió establecer una calificación muy alta para los siguientes indicadores: acceso peatonal, acceso para bicicletas, sistema abierto para vehículos de alta ocupación, transporte de mercancías, gestión de sistemas de transporte y operaciones. A nivel técnico constructivo, se determinó buenas prácticas relacionadas con el diseño general de la vía, el equilibrio del movimiento de masas, las especificaciones y calidad del pavimento lo que fundamenta un buen proceso constructivo, aun así, no se completó una calificación óptima a algunos requerimientos e indicadores debido a que el proyecto tuvo un retraso aproximadamente de tres meses.

Asimismo, se tienen los siguientes indicadores con calificaciones medias: evaluación del ciclo de vida, resiliencia de la infraestructura, desarrollo de proyectos sensibles al contexto, generalmente se le otorgó esta calificación por la poca interacción de la comunidad con el proyecto, de igual manera, vuelve a salir a colación el tema ambiental, en relación a la no adopción de las acciones necesarias para ponerle pausa a las afectaciones que trae consigo el cambio climático.

En quinto lugar, para la  categoría de nivel de seguridad  todos los requerimientos e indicadores se encuentran dentro del rango de calificación media y alta, dicha calificación se debe a que las temáticas contempladas dentro de esta categoría se relacionan con el estricto cumplimiento de la normativa o política nacional en materia de seguridad vial y el mantenimiento tanto de nivel operacional, como de nivel de infraestructura del corredor vial.

## **10.2 ESTRATEGIAS SOSTENIBLES**

En la Tabla 21 se presentan las estrategias de sostenibilidad y su respectiva nomenclatura, a partir de una revisión bibliográfica las autoras proponen dichas estrategias de sostenibilidad con la finalidad de que los requerimientos pre-evaluación e indicadores que se encuentran en los rangos de calificación alto hasta muy bajo incrementen su nivel de cumplimiento, con el fin de que su calificación llegue a ser muy alta.

En ese orden de ideas, es importante aclarar que no se presentan estrategias sostenibles para el rango de calificación muy alto (9-10), en tal caso, ninguno de los 14 requerimientos pre - evaluación fue calificado dentro del rango de valoración muy alta, pero 2 indicadores de la categoría funcional y sociocultural, así como 7 indicadores de la categoría avance del proceso si obtuvieron calificación en el rango mencionado, razón por la cual estos 9 indicadores no se encuentran en la Tabla 21.

Asimismo, las estrategias se agrupan por tipo de propuesta que respondan a la solución ante la falencia encontrada por cada requerimiento e indicador, es decir para calificaciones dadas en un rango de 8 a 7 le corresponde soluciones a nivel de formatos o actividades, calificaciones de 6 a 5 soluciones a nivel de guías o acciones, y para calificaciones de 4 a 1 soluciones a nivel de programas o planes.

Tabla 21. Propuestas de sostenibilidad para el proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá”.

[1] Categoría	[2] Nomenclatura/ Rq- indicador	[3] Requerimiento / Indicador	[4] Nomenclatura estrategia sostenible	[5] Nombre estrategia sostenible	[6] Propósito de la estrategia sostenible
Ambiental	RQCA-1	Proceso de revisión ambiental	ESRQCA-1	Formato de control de gestión y revisión ambiental.	Establecer un formato que permita evaluar el sistema de gestión ambiental desarrollado por el contratista con el fin de medir el cumplimiento de las responsabilidades medioambientales.
	RQCA-2	Plan de gestión de residuos	ESRQCA-2	Actividades de mejoramiento en el manejo integral de los residuos.	Determinar las medidas necesarias para recolectar, segregar y transportar con el menor impacto ambiental los residuos generados en el proceso constructivo hacia su disposición final.
	RQCA-3	Plan de prevención de la contaminación	ESRQCA-3	Plan de prevención y control de la contaminación	Estudiar de manera detallada las operaciones llevadas a cabo en el desarrollo del proyecto, con el fin de minimizar las emisiones, vertidos y desechos, y a su vez disminuir los costos de operación.
	RQCA-4	Estudio para desarrollo de bajo impacto	ESRQCA-4	Guía de identificación de impactos en el medio biótico y medio abiótico.	Efectuar la clasificación detallada de cada uno de los impactos generados en el suelo, agua y aire, con el fin de tomar medidas puntuales y contundentes para no modificar el ecosistema base.
	RQCA-5	Plan de mantenimiento del sitio	ESRQCA-5	Actividad de desmonte, retiro y limpieza de instalaciones.	Prever las acciones necesarias para el desmantelamiento de las locaciones usadas a lo largo del proyecto, con el fin de evitar y/o corregir cualquier condición que modifique a corto, mediano y largo plazo el estado base del entorno natural.
	ICA-1	Sistema de gestión ambiental	ESICA-1	Actividad de atención ante situaciones de interés ambiental.	Contar con la actualización constante del PAGA para atender las necesidades presentadas en el transcurso del proyecto, asimismo, responder los requerimientos de la autoridad ambiental, la interventoría y el INVIAS, así como los PQRs presentados por la comunidad.
	ICA-2	Control de flujo de escorrentía	ESICA-2	Actividad para el manejo y control de las aguas de escorrentía.	Realizar prácticas que disminuyan la vulnerabilidad a la contaminación hídrica y edáfica, como el mantenimiento en el área de trabajo, el manejo y almacenamiento de materiales, la respuesta a derrames, manejo de residuos y protección del polvo y material particulado.
	ICA-3	Conectividad ecológica	ESICA-3	Actividad de manejo para disminuir el impacto a la flora y fauna.	Ejecutar acciones colectivas y articuladas con la CAR, que permitan mitigar los daños y revertir el proceso de fragmentación ecológica que afecta a la fauna, flora y el recurso hídrico.
	ICA-4	Reducción del uso de combustible fósil	ESICA-4	Plan de acción para el uso de vehículos y combustibles más limpios.	Promover el mantenimiento y limpieza constante para los tubos de escape de la maquinaria y equipos empleados en el proyecto, así como fomentar el uso de combustibles sin plomo y con bajo contenido de azufre.
	ICA-5	Seguimiento del uso del agua	ESICA-5	Guía de monitoreo y prevención del agua.	Reducir el potencial de contaminación del recurso hídrico causado por los vertimientos residuales agropecuarios, así como clasificar el uso actual dado al recurso.

	ICA-6	Eficiencia energética	ESICA-6	Plan uso racional y eficiente de la energía.	Evaluar el recurso energético a partir de un diagnóstico del rendimiento de los equipos electromecánicos utilizados en el proyecto, para adaptar a estas tecnologías de final de tubo, con el fin de reducir las emisiones y alargar la vida útil de los equipos.
	ICA-7	Soluciones sensibles al contexto	ESICA-7	Formato de monitoreo para la conservación de ecosistemas sensibles.	Intensificar el seguimiento y control de los diversos ecosistemas con la finalidad de evitar perturbaciones a los mismos, garantizando el desarrollo tranquilo de la flora endémica.
	ICA-8	Proteger y mitigar la eliminación de comunidades de árboles y plantas	ESICA-8	Guía de seguimiento para el adecuado manejo de la cobertura vegetal.	Realizar una supervisión ambiental constante para identificar los sitios en los que se debe rescatar germoplasma, así como seleccionar las áreas de siembra del mismo. A su vez contemplar la relación con el ESICA-2 para evitar una sobresaturación hídrica en la zona de revegetalización.
	ICA-9	Mejores prácticas de gestión	ESICA-9	Guía para el control de erosión y prevención de la contaminación de fuentes subterráneas.	Prevenir los procesos erosivos por efecto, principalmente de las lluvias, sobre superficies del terreno que hayan sido desprotegidas debido a las actividades propias del proyecto. Implementar perímetros de protección con el fin de disminuir la vulnerabilidad de infiltraciones de contaminantes al recurso hídrico.
	ICA-10	Minimización de materiales peligrosos	ESICA-10	Plan de gestión integral de residuos peligrosos.	Establecer y ejecutar acciones encaminadas a prevenir y/o mitigar los posibles impactos negativos que se da en el ambiente por la generación de los mismos, como la caracterización y clasificación, la posterior cuantificación, la puesta en marcha de la gestión, la socialización a través de campañas, y el seguimiento mediante evaluaciones de verificación de cumplimiento del plan.
	ICA-11	Planificación integrada: entorno natural	ESICA-11	Programa de identificación y establecimiento del uso ecopotencial del recurso edáfico.	Establecer un modelo de producción que busque aumentar los rendimientos de los cultivos mediante la incorporación de paquetes tecnológicos basados principalmente en la utilización de semillas híbridas, la reutilización de agua en el riego y el uso de maquinaria y equipos limpios.
	ICA-12	Calidad del aire	ESICA-12	Acción de monitoreo de la calidad del aire.	Verificar que los niveles de la calidad del aire están por debajo de los valores límites, así como el establecimiento de un protocolo para el realizar el seguimiento y control de emisiones.
	ICA-13	Vinculación de planificación y Ley de política ambiental nacional	ESICA-13-14	Guía de verificación de cumplimiento de los requerimientos establecidos en la normatividad.	Plantear la matriz de los requisitos legales ambientales con los que debe cumplir el proyecto, incluyendo especificaciones propias de cada norma, como el tipo de requisito, número y año de expedición, artículos aplicables, estado, registro y responsable de cumplimiento, con el fin de hacer una revisión y actualización periódica.
	ICA-14	Sistema de seguimiento de compromisos ambientales			
	ICA-15	Evaluación del impacto ambiental	ESICA-15	Guía de revisión de la evaluación del impacto ambiental.	Consolidar un conjunto de procedimientos que sirvan como herramienta para prevenir, mitigar y restaurar los daños ocasionados al ambiente, por ejemplo, la revisión de la suficiencia y calidad de la información usada, relevancia del análisis ambiental, y pertinencia y calidad del manejo de los impactos ambientales.

	ICA-16	Evaluación ambiental estratégica	ESICA-16	Acción de revisión de la evaluación ambiental estratégica.	Efectuar una correcta revisión frente al análisis de los marcos institucional e institucional genérico encontrados en la Guía Práctica para Formular Evaluaciones Ambientales Estratégicas en Colombia, mediante la matriz de seguimiento y control de los diez ítems que integran los marcos.
	ICA-17	Consideraciones especiales para áreas con alto valor ambiental	ESICA-17	Acción de seguimiento para la protección y conservación de los ecosistemas.	Evitar la perturbación del ecosistema, así como frenar la limitación del desarrollo de poblaciones importantes de flora endémica, amenazada o con veda, y analizar las relaciones planta-animal en el área del proyecto.
	ICA-18	Sistema de gestión de calidad	ESICA-18	Formatos de evaluación de cumplimiento y eficiencia de SGC.	Implementar la herramienta matriz DOFA y el análisis de un ciclo PHVA, con el fin de medir los resultados obtenidos en comparación a los objetivos trazados.
Económica	RQCE-1	Análisis de costos del ciclo de vida	ESRQCE-1-2	Acción de compra e inversión en materiales de alta calidad.	Promover la adquisición de materiales que brinden una vida útil más extensa y un bajo nivel de obsolescencia evaluando la relación costo/beneficio asegurando una extensión del ciclo de vida del corredor vial.
	RQCE-2	Inventario del ciclo de vida			
	ICE-1	Materiales regionales	ESICE-1	Formato para la verificación de suministros de construcción.	Avalar la documentación de compra del material con el objetivo de transar con empresas locales incentivando la cultura de apoyo a la economía regional.
	ICE-2	Análisis de costos de aguas pluviales	ESICE-2	Actividad de saneamiento y manejo de aguas pluviales.	Implementar el uso de sistemas rurales de drenaje sostenible en el primer tramo del proyecto donde no se realizaron las respectivas obras de drenaje, para evitar sobrecargas en el sistema y posibles inundaciones.
	ICE-3	Reutilización de materiales	ESICE-3	Acción de selección de materiales basado en el principio de las 3R 's.	Ejecutar la gestión de los materiales con el fin de darle a estos el destino más adecuado, por lo que es necesario optimizar el uso y la disposición de los insumos, de esta manera, se reutilizan a través de plantas de valorización, y/o tratamientos de reciclaje para los restantes.
	ICE-4	Sostenibilidad financiera	ESICE-4	Acción de comunicación de la oferta y demanda ambiental.	Planificar encuentros empresariales con el fin de debatir y definir el tipo de insumos a emplear, posterior al análisis y requerimientos de las variables financieras de estos relacionados a la ingeniería económica.
	ICE-5	Vinculación de gestión de activos y planificación	ESICE-5	Guía de implementación de políticas de gestión del riesgo.	La guía de gestión de riesgo debe especificar quiénes son las personas encargadas de monitorear y reportar los riesgos económicos del proyecto, así como, quiénes son los responsables y cuáles son sus funciones concretas para ejecutar proyectos económicamente viables.
	ICE-6	Análisis económicos	ESICE-6	Acción de verificación de análisis de las variables cuantitativas y cualitativas del proyecto.	Revisar detalladamente la factibilidad, los estudios preliminares del proyecto, el cálculo de las necesidades de financiación e inversión acorde a la disponibilidad presupuestal del proyecto.
Funcional y socio ambiental	RQCFS-1	Plan de mitigación de ruido	ESRQCFS-1	Actividad de acondicionamiento acústico.	Categorizar los decibeles emitidos en cada sector para establecer una difusión acústica que permita mejorar las condiciones generando confort al área.

	RQCFS-2	Capacitación ambiental	ESRQCFS-2	Plan de educación y capacitación ambiental.	Informar e instruir a la comunidad vinculada directa e indirectamente con el proyecto con el fin de promover una cultura de preservación, conservación y convivencia tolerante con los recursos naturales.
	ICFS-1	Alcance cultural	ESICFS-1	Actividad de reconocimiento cultural y tradicional de la comunidad.	Realizar el reconocimiento del comportamiento del campesinado dedicado al labriego y pastoreo de ganado, con el fin de no intervenir en sus hábitos y rutinas.
	ICFS-2	Uso del suelo /planificación comunitaria	ESICFS-2-3	Acción de inclusión de la comunidad en las diferentes etapas del proyecto.	Fortalecer la convivencia y cultura de aceptación frente a las incomodidades que ocasiona un proyecto vial, entendiendo la compensación relacionada con el beneficio pos-ejecución del proyecto, a su vez ofrecer oportunidades laborales a la comunidad con el propósito de tejer lazos comunitarios.
	ICFS-3	Planificación Integrada: social			
	ICFS-5	Preservación histórica, arqueológica y cultural	ESICFS-5-6	Actividad de sensibilización y valoración de patrimonio cultural.	Busca generar en la población valores para proteger y mantener el patrimonio cultural como un elemento constitutivo de la identidad de su comunidad, a través de la formación educativa acerca de la protección de espacios naturales con un alto valor cultural, así como incentivar a los entes gubernamentales a que desarrollen una función como gestores del patrimonio cultural.
	ICFS-6	Cualidades escénicas, naturales o recreativas			
Avance del proceso	RQCAP-1	Plan de proyección	ESRQCAP-1	Programa de planificación y supervisión en cada etapa del proyecto.	Realizar un cronograma acorde a la planeación de las diferentes etapas del proyecto, el cual será sometido a una verificación de cumplimiento del tiempo establecido, este se entrega en conjunto con los estudios previos que requiere el proyecto.
	RQCAP-2	Proceso constructivo	ESRQCAP-2	Formato de supervisión en la finalización de las etapas constructivas.	Verificar el estado general de los avances en cada etapa, en términos de estado físico, condiciones de calidad, cumplimiento del tiempo establecido para la ejecución de esa etapa, con el fin de tener un control general y estricto del proyecto.
	ICAP-1	Evaluación del ciclo de vida	ESICAP-1	Acción de verificación de las características de los insumos.	Establecer la relación entre el costo asumido y la vida útil de los materiales, identificando si cumple con los estándares de calidad los cuales permiten obtener un mayor goce y disfrute de estos.
	ICAP-6	Pavimento de larga vida	ESICAP-6-7-8	Formato de calificación de las características y calidad del pavimento.	Comprobar que el tipo de pavimento empleado cuente con las características requeridas en la planeación del proyecto, también evaluar en términos de calidad del pavimento, los siguientes aspectos: buenas condiciones de drenaje, la no generación de ruidos excesivos en el momento de entrar en contacto con los neumáticos, la no variabilidad en sus propiedades físicas conforme al aumento de las temperaturas.
	ICAP-7	Pavimento permeable			
	ICAP-8	Pavimento tranquilo			
	ICAP-9	Innovación	ESICAP-9-10	Plan de inclusión de nuevas tecnologías para el corredor vial.	Consolidar un plan donde se adopten criterios sostenibles como la electrificación del sector transporte, cuantificación y reducción de gases de efecto invernadero, eficiencia energética y el uso de fuentes de energías renovables, negocios verdes, sellos verdes, y la seguridad y visión de cero muertes en accidentes.
	ICAP-10	Técnicas de bioingeniería			
	ICAP-11	Flujo de tráfico mejorado	ESICAP-11	Programa de adaptación del uso de energías renovables.	Establecer los lineamientos técnicos a desarrollar para la promoción de tecnologías eléctricas en los diferentes segmentos carreteros, definiendo las acciones que permitan el desarrollo de la infraestructura de carga.

	ICAP-14	Resiliencia de infraestructura	ESICAP-14	Guía de identificación y evaluación de los riesgos de desastres y cambio climático para el corredor vial.	La guía tiene como finalidad informar y permitir la toma de decisiones respecto a la durabilidad y resistencia en la etapa de construcción y operación del proyecto, contemplando cinco pasos, 1) reconocimiento de las amenazas naturales mediante SIG, 2) estimar la criticidad y vulnerabilidad del proyecto, 3) narrativa de riesgo, 4) análisis cualitativo de riesgo, y 5) evaluación cuantitativa de riesgo.
	ICAP-15	Desarrollo de proyectos sensibles al contexto	ESICAP-15	Acciones de inclusión de los actores involucrados en el proyecto.	Jornadas de socialización e integración interdisciplinaria de los actores CAR, gobernación, alcaldía, comunidad, entre otros, para debatir cómo fundamentar y ejecutar el desarrollo del proyecto.
	ICAP-16	Plan de control de calidad de la construcción	ESICAP-16	Programa de verificación de términos de calidad.	Se relaciona con ESRQCAP-2, integrado con la incorporación de las firmas de contratos con las empresas que proveen los insumos, donde se especifique la garantía de los mismos y las cláusulas de las dos partes.
Nivel de seguridad	RQCNS-1	Auditoría en seguridad	ESRQCNS-1	Acción de seguimiento y control para auditorías eficientes.	Comprobar la aplicación de la auditoría en seguridad vial primordialmente en las primeras etapas del proyecto (diseño), con el fin de identificar los puntos críticos antes de la construcción, asegurando anticiparse a la ocurrencia de eventos siniestros.
	RQCNS-2	Cumplimiento de la normativa	ESRQCNS-2	Acción de verificación de aplicación de la normatividad.	Inspeccionar la interpretación y aplicación de la normativa legal vigente con el fin de cumplir los requerimientos del proyecto y disminuir la accidentabilidad.
	RQCNS-3	Plan de mantenimiento	ESRQCNS-3	Actividades de concientización y responsabilidad vial.	Sensibilizar a la población frente a la responsabilidad y el compromiso que tienen de conservar las vías, así como concientizar a los entes gubernamentales de su responsabilidad de promover programas de mantenimiento vial con el fin de brindar espacios dotados y seguros para la comunidad.
	ICNS-1	Sistema de gestión de pavimento	ESICNS-1	Acción de cumplimiento en términos contractuales de calidad.	Revisar el historial de la calificación de calidad del proveedor de los insumos empleados, asimismo, se relaciona con ESICAP-16.
	ICNS-2	Preservación y mantenimiento de infraestructura vial	ESICNS-2	Actividad periódica de reconocimiento y mantenimiento del pavimento.	Establecer el mantenimiento periódico tanto preventivo como correctivo del corredor vial, para brindarle al usuario un servicio de calidad.
	ICNS-3	Mantenimiento de infraestructura de control de tráfico	ESICNS-3	Actividad de sensibilización y educación en movilidad segura.	Realizar capacitaciones a conductores, peatones y ciclistas acerca de la importancia de acatar la señalización, con el fin de formar una cultura de seguridad en movilidad para el beneficio y protección común.
	ICNS-4	Zona de trabajo de control de tráfico	ESICNS-4	Guía de seguridad y salud en el trabajo.	Implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el fin de prevenir lesiones y enfermedades causadas por las condiciones laborales de los trabajadores, por tal motivo dichas condiciones se deben mejorar para generar un bienestar físico, social y mental de los trabajadores.

Fuente: autoras.

## 11. CONCLUSIONES

- Se pudo evidenciar que Estados Unidos y los países europeos son quienes más se han interesado en diseñar metodologías para evaluar la sostenibilidad en las vías y darles su adecuada aplicación, dichas metodologías constan con diferentes niveles de certificación, sus propios criterios (lo que las autoras denominan categorías en la guía propuesta), estas se enfocan en conservar el medio ambiente, implantar una cultura de equidad social, así como ejecutar proyectos económicamente viables, de igual manera, cada una tiene su valor agregado. Asimismo, se pudo identificar que la investigación sobre métodos de valoración de sostenibilidad en proyectos viales en Colombia es escasa, ya que únicamente la Universidad de Antioquia y la Universidad de los Andes han realizado estudios para consolidar formatos que permitan la aplicabilidad de dichos métodos. El trabajo realizado por las autoras no obedece solo a una investigación, sino que también permite la aplicabilidad en diferentes estudios de caso y tipos de vías que varían de acuerdo a las condiciones de geografía, geomorfología, topografía, climatología e hidrología presentes a lo largo del territorio nacional.
- Mediante la confrontación de los criterios e indicadores de las cuatro metodologías estudiadas las autoras consolidaron 14 requisitos pre-evaluación y 52 indicadores los cuales fueron distribuidos acorde a las cinco categorías (ambiental, económica, funcional y sociocultural, avance del proceso, y nivel de seguridad) establecidas teniendo en cuenta las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia. Se quiere resaltar que cada una de las categorías propuestas por las autoras presentan diferentes enfoques ya que cada indicador permite medir el porcentaje de cumplimiento de una característica específica.
- En el momento de proponer la guía se estableció una nomenclatura específica para los requisitos pre-evaluación e indicadores, a su vez se hizo una descripción acerca de las características específicas que evalúan cada uno de estos requisitos e indicadores, lo anteriormente

mencionado es el fundamento para que las autoras plantearan la matriz de la guía de evaluación, que posterior a su diligenciamiento permite determinar el porcentaje de cumplimiento de un proyecto vial, el cual al ser contrastado con el ranking otorga una categorización simbólica del estado general del proyecto. Esta guía se desarrolló con la finalidad de que pueda ser aplicada tanto por los entes gubernamentales como por personas naturales interesadas en la temática, para obtener una visión integral de la gestión del territorio.

- El estudio de caso donde se aplicó la guía de sostenibilidad propuesta por las autoras es un proyecto que pertenece a un megaproyecto de construcción, mejoramiento y mantenimiento de diferentes obras civiles en el departamento de Boyacá. De manera general se puede afirmar que el resultado arrojado por la evaluación de sostenibilidad al proyecto “Mejoramiento, Mantenimiento y rehabilitación de la vía Tunja - Chivatá” obedece al mínimo cumplimiento de prácticas, técnicas, métodos, materiales y equipos sostenibles, lo que lo ubica en una categorización simbólica tipo bronce, generando un estado de alerta a todos los actores involucrados, con el fin de que estos se apropien de la responsabilidad ambiental, social y económica que deben asumir cuando se ejecuta un proyecto vial.

## 12. RECOMENDACIONES

- A partir de los resultados de los análisis se recomienda aplicar las estrategias sostenibles propuestas por las autoras verificando que se cumpla el propósito descrito en cada una de estas, con el fin de aumentar el porcentaje de cumplimiento del proyecto garantizando la ejecución de prácticas sostenibles en todas y cada una de las fases del proyecto vial, disminuyendo así los impactos ambientales, afectaciones sociales a la comunidad en relación a la cosmovisión de su territorio, y minimizando la posibilidad de ejecutar proyectos económicamente inviables.
- Se sugiere realizar una caracterización detallada del territorio donde se va a ejecutar un proyecto, a partir de la documentación de ordenamiento territorial de la zona, con el fin de obtener la información necesaria antes de llevar a cabo alguna intervención al mismo, el lector puede guiarse de las variables tenidas en cuenta para dicha caracterización dirigiéndose a las secciones 8.2.1 y 8.2.2 del presente documento.
- Se aconseja emplear la guía de evaluación de sostenibilidad como una herramienta de gestión del territorio integrada a las políticas públicas, ya que esta permite contribuir a los objetivos 9 y 11 del desarrollo sostenible, razón por la que se invita a los entes gubernamentales que exijan la aplicación y el cumplimiento de la guía en sus procesos contractuales.

## **13.ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO**

Imagen 3. Estado inicial de la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 4. Plantas de producción de asfalto en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 5. Obras de estabilización de taludes en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 6. . Obras de drenaje en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 7. Zonas sociales en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 8. Conectividad educacional en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 9. Despacho de buses de servicio público urbano en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 10. Conectividad recreacional en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 11. Acceso para bicicletas en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 12. Acceso para bicicletas en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 13. Transitabilidad de vehículos de carga pesada en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 14. Empresa dedicada a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos en la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

Imagen 15. Estado final de la vía Tunja- Chivatá.



Fuente: autoras.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (2017). Infraestructura en América Latina y el Caribe: Nuevo motor de crecimiento. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2017/04/13/infraestructura-en-america-latina-y-el-caribe-nuevo-motor-de-crecimiento>.
- Ballesteros & Hurtado. (2020). Implementación de metodologías para la evaluación de la sostenibilidad en los procesos constructivos viales. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30464/2020jorgehurtado.pdf?sequence=9>
- Baron, A.A. (2020). Criterios de sostenibilidad aplicables a la gestión de proyectos viales de orden terciario basado en las guías de sostenibilidad a nivel nacionaleinternacional. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7926/1/556545-2020-II-GEC.pdf>
- Copina, M.V. (2019). Fragmentación de hábitats: Problemática, indicadores y soluciones. Territorio Geoinnova - SIG y Medio Ambiente. <https://geoinnova.org/blog-territorio/fragmentacion-de-habitats/>.
- Correa, R.C. (1987). Monografías de los pueblos de Boyacá. Tomos I y II. Publicaciones de la Academia Boyacense de Historia. Editorial ABC.
- Departamento Nacional de Planeación. (2013). Documento CONPES 3760, Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales. Bogotá. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3760.pdf>
- España CIO. (2019). La detección automática de vehículos de alta ocupación impulsa la movilidad sostenible | Industria y Utilitas | CIO. <https://www.ciospain.es/industria-y-utilities/la-deteccion-automatica-de-vehiculos-de-alta-ocupacion-impulsa-la-movilidad-sostenible>.
- Federal Highway Administration (FHWA). (2014). Life Cycle Assessment of Pavements.
- Federal Highway Administration. (2015). INVEST. <https://www.sustainablehighways.org>

- Gobernación de Boyacá, Secretaria de Planeación. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio Chivatá. <https://www.dapboyaca.gov.co/planes-de-ordenamiento-territorial-2/>
- Gobernación de Boyacá, Secretaria de Planeación. (2013). Primera modificación excepcional Plan de Ordenamiento Territorial Tunja. <https://www.dapboyaca.gov.co/planes-de-ordenamiento-territorial-2/>
- González, J.A. (2015). Proyectos de infraestructura vial en Colombia: aplicabilidad de los sistemas de certificación sostenible. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12972/u713564.pdf?sequence=1>
- Green Highways Partnership. (2015). An Introduction to Greenroads a sustainability performance metric for roadways. Obtenido de [http://www.greenhighwayspartnership.org/images/userimages/intro\\_to\\_greenroads.pdf](http://www.greenhighwayspartnership.org/images/userimages/intro_to_greenroads.pdf)
- Greenroads Foundation. (2014). Greenroads Project Directory – Filter for: Texas. <https://www.greenroads.org/1679/state-TX.html>
- GreenRoads Foundation. (2014). Todd Lane Improvements Version 1.5 Pilot Project.
- GreenRoads Foundation. (2015). GreenRoads Errata.
- Greenroads. (2012). Greenroads. <http://www.greenroads.org/1/home.html>
- Informe de conectividad vial (2017). <https://www.boyaca.gov.co/images/InformacionInteres/Informe-Conectividad-Vial2017.11.15.pdf>
- INVEST. (2015). INVEST Version 1.1.
- INVIAS 2a. ed. (2011). Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura, Subsector vial. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/guia-de-manejo-ambiental-de-proyectos/971-guia-de-manejo-ambiental/file>
- Ministerio de Transporte. 2a. ed. (2015). Guía metodológica para la elaboración de planes de seguridad vial.

<https://redempresarial.movilidadbogota.gov.co/sites/default/files/GM%20Planes%20Locales%20Segunda%20Edic.pdf>

New York State Department of Transportation. (2015). Department of Transportation. Obtenido de <https://www.dot.ny.gov/programs/greenlites>

Prensa, S. (2019). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4317-colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo-celebra-el-dia-mundial-de-la-biodiversidad>.

SECOP II (2017) Detalle del proceso: CV-GB-0834-2017. (2021).

Thompson, R. (2014). Guía para la implementación de las adecuadas prácticas empresariales en gestión ambiental relacionada con las obras de infraestructura vial en Colombia. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17955/ThompsonPerdomoRandhy2014.pdf?sequence=1>

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. (2015). Gestión socioambiental de proyectos de infraestructura. Guía para Funcionarios Públicos.

<http://secretariainfraestructura.antioquia.gov.co/descargas/Guia%20Socioambiental/guias/GuiaFuncionarios.pdf>

Viloria M. Ward G. (2015). Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58068?locale-attribute=pt\\_BR](https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58068?locale-attribute=pt_BR)