

**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS
DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN INNOVACIÓN
SOSTENIBLE**

**GINA ALEXANDRA ROMERO GALINDO
JULIAN DAVID WILCHES MORENO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD
MEDELLIN
2022**

**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS
DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN INNOVACIÓN
SOSTENIBLE**

**GINA ALEXANDRA ROMERO GALINDO
JULIAN DAVID WILCHES MORENO**

Trabajo de grado para optar por el título de maestría en sostenibilidad

Asesor

MAURICIO TURRIAGO HOYOS

Ingeniero Civil, Esp. En Ingeniería Ambiental con énfasis en Sanitaria

Magister en Gerencia Ambiental

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN SOSTENIBILIDAD

BOGOTÁ D.C.

2022

26 de agosto de 2022

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN INNOVACIÓN SOSTENIBLE.

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”.
Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.



GINA ALEXANDRA ROMERO GALINDO



JULIAN DAVID WILCHES MORENO

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres Doris, Pablo, Elizabeth y Alfredo quienes nos brindaron todo el apoyo en el transcurso de nuestros estudios; así mismo, dedicamos este esfuerzo a nuestro hijo quien nos motivó día a día a luchar por este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios primeramente por darnos la oportunidad de realizar estos estudios y culminarlos con éxito.

De igual forma, agradecemos al Ingeniero Mauricio Turriago, quien nos brindó desde el primer momento todo el apoyo y motivación en todo el proceso de este proyecto y con su conocimiento nos guio y oriento para llevar a cumplir la meta propuesta.

Así mismo, agradecemos a la Universidad y al cuerpo docente por todos los saberes impartidos, por brindarnos la oportunidad de ampliar los conocimientos y hacernos unas mejores personas.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	15
2. Problema	17
3. Justificación	19
4. Objetivos.....	21
4.1 Objetivo general.....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
5. Marco conceptual	22
6. Estado del arte	27
7. Marco legal	33
8. Metodología.....	41
9. Presentación.....	42
10. Revisión metodologías seleccionadas	54
10.1 Envision	54
10.2 Ceequal	59
11. Comparación de metodologías.....	64
12. Análisis de la comparación de las metodologías.....	79
13. Resultados.....	81
13. 1 Descripción de la metodología de evaluación propuesta.....	81
13.1.1 Pre factibilidad y factibilidad.	81
13.1.2 Estudios y diseños.....	82
13.1.3 Construcción.....	83
13.1.3.1 Medio ambiente.	83
13.1.3.1.1 Suelo.....	83
13.1.3.1.2 Agua.	84
13.1.3.1.3 Aire.	85
13.1.3.1.4 Ruido.	85
13.1.3.1.5 Flora.....	85
13.1.3.1.6 Fauna.....	86
13.1.3.1.7 Cambio climático.	86
13.1.3.2 Social.....	87
13.1.3.2.1 Gobernanza.	87
13.1.3.2.2 Comunidad.	88

13.1.3.2.3 <i>Patrimonio cultural</i>	88
13.1.3.2.4 <i>Cultura</i>	89
13.1.3.2.5 <i>Gestión predial</i>	89
13.1.3.2.6 <i>Partes interesadas</i>	90
13.1.3.3 <i>Financiero</i>	90
13.1.3.3.1 <i>Prácticas de adquisición</i>	90
13.1.3.3.2 <i>Control financiero</i>	91
13.1.3.3.3 <i>Inversión</i>	91
13.1.3.4 <i>Técnico</i>	92
13.1.3.4.1 <i>Materiales</i>	92
13.1.3.4.2 <i>Diseño</i>	92
13.1.3.4.3 <i>Innovación</i>	93
13.1.3.4.4 <i>Seguridad vial</i>	94
13.1.3.4.5 <i>Transporte</i>	94
13.1.3.4.6 <i>Gestión del riesgo</i>	95
13.1.3.4.7 <i>Energía</i>	96
13.2. <i>Criterios de evaluación</i>	97
13.2.1. <i>Pre factibilidad y factibilidad</i>	97
13.2.2. <i>Estudios y diseños</i>	97
13.2.3. <i>Construcción</i>	98
13.3. <i>Ponderación de evaluación</i>	101
13.3.1. <i>Ponderación Etapa de Pre factibilidad y Factibilidad</i>	101
13.3.2. <i>Ponderación Etapa de Estudios y Diseños</i>	102
13.3.3. <i>Ponderación Etapa de Construcción y Operación</i>	102
14. <i>Discusión</i>	104
15. <i>Conclusiones</i>	110
16. <i>Recomendaciones</i>	112
17. <i>Referencias</i>	113
Glosario	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	33
Tabla 2.....	36
Tabla 3.....	37
Tabla 4.....	39
Tabla 5.....	49
Tabla 6.....	52
Tabla 7.....	55
Tabla 8.....	60
Tabla 9 Criterios de evaluación metodología Greenroads	61
Tabla 10.....	64
Tabla 11.....	76
Tabla 12 Criterios de la metodología establecidos para la etapa de pre factibilidad y factibilidad.....	97
Tabla 13 Criterios de la metodología establecidos para la etapa de estudios y diseños. ...	97
Tabla 14 Criterios de la metodología establecidos para la etapa de construcción.	98
Tabla 15 Calificación establecida para la etapa de pre factibilidad y factibilidad.	101
Tabla 16 Calificación establecida para la etapa de estudios y diseños.	102
Tabla 17 Calificación establecida para la etapa de construcción y operación.	103
Tabla 18 Correlación de los criterios y actividades con los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS.....	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	43
Ilustración 2	45
Ilustración 3	77
Ilustración 4	78

GLOSARIO

Agencia Nacional de Vías – ANI. Es una Agencia Nacional Estatal de Naturaleza Especial, del sector descentralizado de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, financiera y técnica, adscrita al Ministerio de Transporte, según decreto 4165 del 03 noviembre de 2011 (ANI, sf.).

Alcantarilla. Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objeto dar pasó rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino. (INVIAS, 2013)

Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Organización financiera internacional con sede en Washington D.C.

Categoría. Se denomina categoría a una clase, un tipo, una condición o una división de algo (Pérez J., 2018).

Carretera. Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma (INVIAS, 2013).

Certificación. El verbo certificar, por su parte, refiere a dar por verdadero o confirmado algo. Una certificación, por lo tanto, es un documento que garantiza la verdad de un acontecimiento o de un evento (Pérez J., 2018).

Concesión. Otorgamiento de la ejecución y explotación de determinadas obras de infraestructura o la prestación de determinados servicios por un plazo establecido (Significados, sf.).

Criterio. Es aquello que nos permite establecer las pautas o principios a partir de los cuales podremos distinguir una cosa de la otra (Significados, sf).

Estudio de impacto ambiental -EIA. Estudio cuya finalidad es la determinación detallada de los efectos producidos por el proyecto vial, la elaboración del Plan de Manejo Ambiental, y el cálculo de los costos de las obras de mitigación ambiental (INVIAS, 2013).

Gases de efecto invernadero -GEI. Son gases emitidos de forma natural y antropogénica (emitidos por la actividad humana). La presencia de estos gases contaminantes contribuyen al calentamiento global y acelera el cambio climático en nuestro planeta (Aqua, sf.).

Innovación. Así se denomina al acto y el resultado de innovar: introducir novedades, inventar. La innovación se asocia a la creatividad. Se trata de un cambio o de una modificación que supone la creación o la puesta en marcha de algo novedoso (Pérez J., 2018).

Infraestructura vial. Es el conjunto de elementos, dotaciones o servicios que se necesitan para conectar de manera terrestre un lugar con otro.

Instituto Nacional de Vías -INVIAS. Es una agencia de la Rama Ejecutiva del Gobierno de Colombia a cargo de la asignación, regulación y supervisión de los contratos para la construcción de autopistas y carreteras y el mantenimiento de las vías (INVIAS, 2012).

Licencia Ambiental. Es la autorización que otorga la autoridad ambiental para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la Ley y sus reglamentos (Decreto 1076 de 2015) tiene la potencialidad de generar impactos ambientales significativos (Minambiente, sf.).

Obras de drenaje. Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado (INVIAS, 2013).

Obras de subdrenaje. Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua del suelo a fin de garantizar la estabilidad de la banca y de los taludes de la carretera. Ello se consigue interceptando los flujos subterráneos, y haciendo descender el nivel freático (INVIAS, 2013).

Pasivo ambiental. Los pasivos ambientales son los impactos ambientales negativos ubicados y delimitados geográficamente, que no fueron oportuna o adecuadamente mitigados, compensados, corregidos o reparados; causados por actividades antrópicas y que pueden generar un riesgo a la salud humana o al ambiente (Corantoquia, 2022).

Plan de adaptación a la guía ambiental -PAGA. es un documento en el cual se establecen los programas o proyectos de manejo ambiental, teniendo en cuenta los impactos socio-ambientales que se puedan generar (INVIAS, 2013).

Pavimento. Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la Subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos (INVIAS, 2013).

Pavimento flexible. Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado (INVIAS, 2013).

Pavimento rígido. Es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (INVIAS, 2013).

Residuos de construcción y demolición – RCD. Son residuos de naturaleza fundamentalmente inerte generados en obras de excavación, nueva construcción, reparación, remodelación, rehabilitación y demolición, incluidos los de obra menor y reparación domiciliaria (Comunidad Madrid, 2009).

RESUMEN

Este documento de investigación propone una metodología de evaluación de la sostenibilidad para proyectos de infraestructura vial en Colombia con énfasis en innovación; iniciando con una investigación de metodologías de sostenibilidad que son aplicadas en proyectos viales a nivel mundial, para posteriormente seleccionar tres (3) de las más representativas y reconocidas para realizar una comparación entre estas y así identificar la cantidad de criterios y/o actividades que cada una propone para medir el grado de sostenibilidad.

Finalmente, se elabora la metodología propuesta para Colombia donde se tiene en cuenta los componentes bióticos, físicos, sociales, económicos y técnicos propios del contexto del país y que representan un desafío importante para los estructuradores de proyectos de viales. Esta metodología se desarrolla pensando en la forma como actualmente se organizan los proyectos en el país; es por esto que se definen tres etapas de análisis (prefactibilidad-factibilidad, estudios y diseños, y construcción), planteando criterios y/o actividades que abarcan todos los componentes mencionados para luego establecer una ponderación en cada fase con el fin de determinar el nivel de cumplimiento.

Palabras clave: Categoría, criterio, evaluación, infraestructura vial, sostenibilidad, innovación, metodología.

ABSTRACT

This document proposes a sustainability assessment methodology for road infrastructure projects in Colombia with an emphasis on innovation; starting with an investigation of sustainability methodologies that are applied in road projects worldwide, later select three (3) of the most representative and recognized to make a comparison between them and thus identify the number of criteria or activities that each one proposes to measure the degree of sustainability.

Finally, the proposed methodology for Colombia elaborated, which takes the biotic, physical, social, economic and technical components of the country's context and that represent an important challenge for road project developers. This methodology developed thinking about the way projects are currently organized in the country; This is why three stages of analysis are defined (pre-feasibility-feasibility, studies and designs, and construction), proposing criteria or activities that encompass all the components mentioned, and then establishing a weighting in each phase in order to determine the level of compliance.

Keywords: Category, criteria, evaluation, road infrastructure, sustainability, innovation, methodology

1. INTRODUCCIÓN

Este documento desarrolla una metodología para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial en Colombia con énfasis en innovación sostenible, en donde se hace un análisis comparativo de varias metodologías existentes a nivel internacional para medir la sostenibilidad en proyectos viales y como estos pueden ser la base para ser adaptados a una metodología para ser aplicada en Colombia de acuerdo con las condiciones físicas, bióticas, sociales y económicas del país.

El término desarrollo sostenible hace referencia al “desarrollo que entrega servicios ambientales, sociales y económicos a toda una comunidad, sin afectar la viabilidad de los sistemas naturales, construidos y sociales de los cuales depende la provisión de esos servicios” (ICLEI, 2005) o también se puede entender como “un esquema de desarrollo humano, social y económico que sea capaz de mantenerse de manera indefinida en armonía con los sistemas biofísicos del planeta (Hak, Moldan y Lyon Dahl, 2007).

De acuerdo con Schuschny y soto (2009) la sostenibilidad involucra la interacción de múltiples elementos, con fuerzas, simultaneidades y reacciones mutuas que no pueden ser capturadas si no se utiliza un enfoque sistémico que intente representar, aunque sea parcialmente, la complejidad inherente de vínculo entre la naturaleza y la sociedad.

Con ello, es importante destacar que la sostenibilidad se basa en la integración de los pilares fundamentales (social, económico y ambiental) y los que sean necesarios para el correcto funcionamiento de un sistema y permita con ello la sinergia en todos los campos para el cumplimiento de una meta o fin.

En la actualidad Colombia está implementando las actividades enfocadas a la sostenibilidad en los proyectos de infraestructura vial, principalmente con el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, que por medio de su política de sostenibilidad, involucra el tema de sostenibilidad en la estructuración, construcción y operación de los proyectos a cargo de la entidad, esto con el fin de dar cumplimiento a lo establecido por el Gobierno Nacional en el marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública “Vías para la Legalidad y

Reactivación 2030”, de igual manera, al compromiso adquirido por el Presidente de la Republica en la última Conferencia COP26 desarrollada en Glasgow, en donde se estableció como meta para el 2050 que la generación de gases de efecto invernadero sea neutro, lo que implica un compromiso importante para todas las actividades económicas del país. En consecuencia, el instituto ha desarrollado un total de cinco (5) ruedas de innovación desde 2018, en donde han revisado diferentes propuestas de tecnologías para la construcción de vías, de las cuales se ha podido seleccionar un total de 65 y de estas, 50 se encuentran en proceso de regulación dentro de la entidad.

Por lo anterior y por el inminente crecimiento que se viene dando a nivel nacional en la construcción de vías (Pardo C, 2021), este documento plantea una metodología que puede ser adoptada para la estructuración propia de los proyectos de infraestructura vial a nivel nacional, local y regional por las entidades nacionales encargadas tanto del seguimiento y control como de la construcción, para que involucren actividades enfocadas a la sostenibilidad y se pueda cumplir con las metas establecidas por el Gobierno Nacional a corto y mediano plazo (COP26, 2021).

2. PROBLEMA

Los proyectos de infraestructura vial en Colombia tienen sus orígenes durante la primera mitad del siglo XX (Gerson Javier Pérez, 2005), fue tal la importancia de las obras realizadas entre 1975 y 1994 que, el total de la red vial nacional y pavimentada se duplicó, aumentando cerca de 5.600 km, mientras que las carreteras vecinales y departamentales aumentaron su longitud en 55.000 km (Pachón y Ramírez, 2005). Lo anterior, determinó un gran cambio a nivel nacional, donde se priorizó el progreso por encima del bien común la construcción de vías se hizo con el fin de conectar grandes ciudades de manera ágil y segura. Desde este punto parte la idea por parte del gobierno de crear un ministerio, donde se pueda velar por el cumplimiento, ejecución y seguimiento a los diferentes proyectos del país (Ministerio de Transporte, 2011).

La historia del Ministerio de Transporte se remonta al año 1905, durante el Gobierno del general Rafael Reyes, cuando se creó el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, con el fin de atender los bienes nacionales, las minas, petróleos, patentes de privilegio y registros de marcas, los ferrocarriles, caminos, puentes, edificios nacionales y tierras baldías. (Ministerio de Transporte, 2011).

Debido a lo anterior, los proyectos de infraestructura vial con el tiempo han impactado el medio ambiente requiriendo el uso de los recursos naturales como son la explotación de materiales pétreos, el consumo de agua y el uso de diferentes fuentes de generación de energía principalmente, generando impactos significativos sobre los ecosistemas, afectando la conectividad ecológica y por lo mismo a la fauna y flora propias de la zona. Si miramos en el ámbito social, el desplazamiento de comunidades, reubicación y cambio de las condiciones iniciales de vida, son impactos significativos que deben ser tenidos en cuenta para la construcción de las vías y desde el ámbito económico, se puede determinar que las vías generan cambios en la economía de la zona, relacionados con los tiempos para la salida e ingreso de alimentos, manufactura entre otras.

Así mismo, los proyectos viales presentan falencias dado que no hay una correcta articulación entre todas las partes interesadas en la construcción y desarrollo lo que limita

la perspectiva de sostenibilidad dentro un proyecto.

Todo lo anterior, actualmente no puede ser medido de manera integral en los proyectos de infraestructura vial, por lo que desde este punto parte el problema que este documento pretende solucionar con el desarrollo de una metodología de evaluación de la sostenibilidad.

3. JUSTIFICACIÓN

El Instituto Nacional de Vías – INVIAS, la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y otras entidades como las alcaldías y gobernaciones son las encargadas de la construcción de las vías en el país.

Actualmente, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS en concordancia con el Gobierno Nacional ha implementado una política de sostenibilidad para los proyectos de infraestructura vial a cargo de la entidad, esta política involucra una serie de obligaciones encaminadas a la sostenibilidad que se vienen aplicando para los primeros proyectos pilotos que se están desarrollando a nivel nacional, la falencia hasta el 22 de junio de 2022 de la política de sostenibilidad implementada por el INVIAS, radicaba en que la entidad no contaba con una metodología para medir la sostenibilidad de los proyectos, por tal razón en los apéndices de sostenibilidad elaborados por la entidad se indica que es necesario por parte de los responsables, diseñadores o constructores, elaborar una metodología que sea ajustada a la situación del proyecto y teniendo como punto de referencia las metodologías internacionales existentes para su elaboración, resaltando que estas metodologías no están del todo alineadas a las condiciones físicas, bióticas, geográficas, sociales y económicas del país, por lo que su evaluación puede estar desviada a la situación real de los proyectos.

Para el caso de la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI encargada de los proyectos de concesión en Colombia, no se cuenta con ningún tipo de políticas o anexos técnicos para la implementación de proyectos sostenibles caso similar se presenta en las alcaldías y gobernaciones.

Las bondades que pueden presentarse con un proyecto vial sostenible, se pueden reflejar en la mejora del costo-efectividad, disminución en el consumo de materiales, mejora en la calidad de vida de la comunidad, incremento en la protección de los recursos naturales no renovables, mejor apreciación en el enfoque de ciclo de vida, fomento de la innovación, amplitud del conocimiento e incremento de capacidades; adicionalmente, puede generarse beneficios económicos y de costos si se disminuyen las emisiones de carbono, se realiza pago por servicios ambientales, se previene la contaminación, se administra mejor el

empleo y se mejoran las relaciones con la comunidad.

Es por lo anterior, que este documento presenta una propuesta metodológica de evaluación de los diferentes pilares (componente social, financiero, ambiental y técnico) para la construcción de vías sostenibles, que se adapten a las condiciones fisiográficas y de biodiversidad a nivel nacional y se enmarquen en las políticas, acuerdos y tratados internacionales.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Proponer una metodología de evaluación de la sostenibilidad de proyectos de infraestructura vial a nivel nacional, para la formulación, seguimiento y control de proyectos viales, que valore las condiciones ambientales, sociales y económicas del área de influencia de los diferentes proyectos de construcción vial.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar algunas metodologías de sostenibilidad existentes a nivel internacional, aplicables a la infraestructura vial en Colombia.
- Determinar las diferencias y semejanzas de los criterios usados en las metodologías a nivel nacional e internacional, para establecer los criterios de evaluación que serán guía para la elaboración de la metodología propuesta.
- Definir los criterios de evaluación acorde a la situación ambiental, social y económica de los proyectos de infraestructura vial que permitan valorar la sostenibilidad de los proyectos a nivel nacional.
- Establecer métricas de calificación para evaluar cada uno de los criterios de evaluación propuestos en la metodología.

5. MARCO CONCEPTUAL

Los proyectos de infraestructura sostenible, por definición, resultan integralmente compatibles con la conservación, la mejora de las condiciones que presentan los recursos naturales renovables y el ambiente existente en su área de influencia. La construcción y operación de la infraestructura vial implica que desde su estructuración y a lo largo de las demás etapas de su ejecución, se apliquen elementos integradores desde lo ambiental, social, económico, tecnológico y de ingeniería, con el fin de generar cambios que beneficien las condiciones preexistentes a la ejecución del proyecto y que, comparadas con estas, representen un balance ambiental neto positivo, que se evidencie en uno o varios de los componente de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que presta (MinAmbiente, FCDS y WWF, 2020).

A nivel internacional se pueden encontrar diferentes metodologías que se implementan en el sector de la infraestructura como lo es CEEQUAL, ENVISION, Esquema de Evaluación Infraestructura Sostenible del Consejo de Sostenibilidad de Infraestructura de Australia (ISCA), Herramienta de Evaluación Voluntaria de Sostenibilidad de Infraestructura (INVEST), SuRe Estándar para la Infraestructura Sostenible y Resiliente, Sistema de Calificación y Valoración de Transporte Sostenible (STARS), GreenLITES (por sus siglas Green Leadership In Transportation Environmental Sustainability), Greenroads, I-LAST (por sus siglas Illinois Livable and Sustainable Transportation, STARS (por sus siglas Sustainable Transportation Analysis and Rating System), STEED (por sus siglas Sustainable Transportation Engineering & Environmental Design), Sustainable Roads and Optimal Mobility,

A continuación, se describen algunas de las metodologías estandarizadas internacionalmente:

- **ENVISION**

ENVISION, tiene como objetivo evaluar los proyectos de forma global, su interacción e integración con los sistemas a su alrededor, analiza de forma totalizada los beneficios económicos, sociales, ambientales y de comunidad que estos proyectos de infraestructura pueden alcanzar bajo un enfoque de sostenibilidad. En este sentido, uno de los aspectos más importantes de este sistema, es el análisis que se realiza durante el ciclo de vida, el

cual comprende las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Esta metodología se compone de 5 categorías, 14 subcategorías, 60 créditos, y 5 niveles de certificación. Actualmente, el sistema cuenta con acogida a nivel de Estados Unidos y ya son considerables los proyectos que han sido certificados como el The Grand Bend Area Wastewater Treatment Facility, el The Tarrant Regional Water District (TRWD) Line J, Section 1 Pipeline Project, entre otros. (Institute for Sustainable Infrastructure & Zofnass Program for Sustainable Infraestructre, 2012).

- **INVEST**

Esta metodología permite 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). Esta se divide en cuatro módulos.

- Planificación del sistema para los estados.
- Planificación del sistema para las regiones.
- Desarrollo de proyectos.
- Operaciones de mantenimiento.

Estos cuatro conjuntos de criterios tienen una herramienta con la cual se hace la autoevaluación, comprobando así la sostenibilidad de los proyectos y programas. Cada módulo es independiente y se evalúa por separado.

Este incorpora un análisis particular en cada una de las 3 principales etapas de un proyecto: System Planing (SP) (sistema de planificación), Project Development (PD) (desarrollo del proyecto), Operations and Maintenance (OM) (operación y mantenimiento). Cada módulo, se compone de criterios específicos que son evaluados por separado (INVEST, 2015). Cabe destacar, además, que el módulo PD está compuesto por 29 criterios y a su vez está organizado en 6 tablas para la calificación, dependiendo del tipo y localización del proyecto. (Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, 2017).

- **CEEQUAL**

Esta metodología es usada para proyectos tanto de ingeniería civil, como para infraestructura y paisajismo. Esta proporciona un análisis exhaustivo de los principales aspectos relacionados con la infraestructura sostenible, proporcionando una guía detallada sobre los diferentes pasos del proceso (ejemplo: identificación, gestión, remediación y prevención futura). Este esquema de calificación se divide en nueve áreas temáticas de la siguiente manera: (i) estrategia del proyecto; (ii) gestión del proyecto; (iii) personas y comunidades; (iv) utilización del suelo y su entorno; (v) El entorno histórico; (vi) ecología y biodiversidad; (vii) el medio hídrico; (viii) recursos materiales; y (ix) transporte (Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, 2017).

- **ISCA**

ISCA trabaja y evalúa la planificación, el diseño, la construcción y operación de todos los activos de las infraestructuras. El sistema de calificación IS (infraestructura sostenible) es el único sistema de calificación integral de Australia y Nueva Zelanda para evaluar la sostenibilidad en el diseño, construcción y operación de la infraestructura.

Sus principales objetivos son:

- Colaborar con las partes interesadas en el desarrollo de la infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida para establecer un conjunto de prácticas en torno a la sostenibilidad en la infraestructura con la ayuda del sistema de calificación IS.
- Continuar mejorando y ampliando el esquema de calificación de IS de acuerdo con las necesidades de la industria y las lecciones aprendidas.
- Continuar facilitando la aplicación cada vez mayor del sistema de calificación IS en los proyectos de infraestructura australianos y en las etapas del ciclo de vida, tipos de activos, estados y territorios.
- Promover y facilitar la formación, la educación y el intercambio de conocimientos sobre la sostenibilidad de la infraestructura a lo largo de toda la cadena de suministro.

- Contribuir, facilitar y promover foros de la industria e investigaciones sobre cuestiones clave de política y promoción en relación con los desafíos y oportunidades de la sostenibilidad de la infraestructura (Mata E., 2017).

La herramienta cubre la metodología requerida para asegurar una clasificación en aeropuertos, ciclovías, carreteras, puentes, alcantarillado y drenaje, transmisión y distribución de electricidad, gasoducto y redes de comunicación. (Mata E., 2017).

- **TSI**

TSI o índice de sostenibilidad técnica (por sus siglas en inglés) permite evaluar las métricas bien definidas, incluyendo el desempeño HSE, la innovación y las medidas sociales. Esta se basa en más de 30 fuentes de datos públicos que permiten a las empresas hacer una medición de sus esfuerzos a nivel de empresa y sector. (Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, 2017).

La herramienta basa su funcionamiento en el análisis de siete aspectos:

- Compromiso estratégico.
- Innovación en sostenibilidad.
- Actuación ambiental.
- Actuación segura.
- Administración del producto.
- Responsabilidad social.
- Gestión de la cadena de valor.

- **SURE**

Esta herramienta se divide en tres categorías principales: (i) Gobernanza, (ii) Sociedad y (iii) medio Ambiente y cada una de ellas se subdivide en subcategorías. Esta metodología ha sido desarrollada por la fundación Suiza, Global Infrastructure Basel (GIB) en colaboración con el Banco Francés Natixis. GIB, activa desde 2012, tiene como mandato

promover la sostenibilidad y la infraestructura resiliente (Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, 2017).

- **GREENROAD**

GreenRoads es un estándar propuesto para cuantificar las prácticas sostenibles asociadas con el diseño y construcción de carreteras. Es un sistema de calificación que otorga créditos para aprobar opciones o prácticas sostenibles que se pueden utilizar para certificar proyectos viales basados en el total créditos ganados. Tal estándar puede permitir tomar decisiones de sustentabilidad informadas, proporcionar medios cuantitativos de evaluación de la sostenibilidad, estimular la mejora y la innovación en sostenibilidad vial y proporcionar una línea base de estándares de sostenibilidad (Söderlund et al. (2008).

Greenroads, tiene 15 criterios ambientales que abarcan las etapas de planeación y diseño (5), construcción (7) y operación (3); a su vez, presenta 7 criterios económicos en las etapas de planeación y diseño, (3) construcción (3) y operación (1) y 8 criterios en las etapas de planeación y diseño (2), construcción (1) y operación (5).

Los elementos que integran esta metodología son los siguientes:

- Requerimientos del proyecto.
- Medio ambiente y agua.
- Acceso y equidad.
- Actividades en la construcción.
- Materiales y recursos.
- Tecnología en pavimentos (Barón A., 2020).

Sin embargo, es de resaltar que el 22 de junio de 2022 el Instituto Nacional de Vías - INVIAS público la metodología de evaluación de sostenibilidad para la infraestructura de transporte Aika mediante la Resolución 2119 del 22 de junio de 2022, la cual no hace parte integral de este documento dado que fue publicado recientemente con respecto a la presentación de esta propuesta metodológica.

6. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con lo mencionado en el marco conceptual del documento, donde se hace una descripción detallada de cada una de las metodologías existentes a nivel internacional, a continuación, se hace mención a aquellos proyectos, artículos, tesis y/o documentos donde se aplica alguna o varias de las metodologías y cómo se evalúa la sostenibilidad en la construcción de vías a nivel nacional e internacional.

Como bien se describió anteriormente, estas metodologías fueron elaboradas por entidades y empresas ubicadas en el hemisferio norte, por tal razón, se pueden encontrar varios documentos donde se han aplicado alguna o varias de estas metodologías para proyectos de infraestructura, muchas de estas, son base para la obtención de una certificación o sello, lo que quiere decir, que son instrumentos que analizan los aspectos ambientales, sociales, económicos entre otros los cuales miden los objetivos que se quieren alcanzar, . En ese sentido Díaz J., et al., 2016 hace referencia a la evaluación de la infraestructura sostenible existente en países en desarrollo para lo cual hace una evaluación de las metodologías CEEQUAL, Envision, IS y Raiting tool, desde una perspectiva del Triple Bottom line (economía, medio ambiente y sociedad), a pesar de que el estudio se realizó con un enfoque en la infraestructura vertical (edificaciones), el análisis y aplicabilidad de las metodologías es válido y cercano para infraestructura vial; como conclusión, Díaz J. et al, 2016 menciona que para su estudio de caso y por la cual se fundamentó su trabajo de grado, se debe a que, las tres herramientas de infraestructura disponibles analizadas están sesgadas hacia preocupaciones ambientales en detrimento de la economía y dimensiones sociales, que son una prioridad para los países en desarrollo. Además, los marcos existentes se orientan principalmente a economías avanzadas.

Por tanto, un ejercicio de entendimiento para la incorporación de las prioridades y necesidades de las economías más pobres en los sistemas actuales es necesaria para validar su éxito e implementación en estas zonas geográficas.

Mattinzioli T. et al., en 2020 realizó una revisión crítica de la clasificación sostenible de carreteras donde se han establecido múltiples sistemas de clasificación para mejorar el diseño y la gestión sostenible de las vías, estas se basan en mejores prácticas actuales

que demuestran un potencial significativo para ayudar a los directores de proyectos para lograr activos de transporte inteligente ambiental y socialmente sostenibles. Luego de hacer la comparación de las metodologías y su implicación en la construcción de vías, los autores concluyen que, los sistemas de calificación sostenible de carreteras están creciendo actualmente en la población global como herramienta para facilitar decisiones más responsables, pero aún no se ha convertido en un asesor de confianza para proyectos viales (Mattinzioli T. et al, 2020).

Existen muchas iniciativas en el mercado que evalúan aspectos de la sostenibilidad de las carreteras (principalmente ambientales). Por ejemplo, en Norte América cabe destacar los sistemas de certificación Greenroads, Envision e Invest. En Europa hay que destacar algunos sistemas de evaluación de la sostenibilidad como Ceequal en el Reino Unido, así como un esquema de calificación para ingeniería civil o muchas herramientas para evaluar el CO₂ y Huella de Carbono, por ejemplo, la Escala de Desempeño de CO₂ holandesa, sin embargo, aún no se ha implementado una evaluación completa de la sostenibilidad debido a que algunos enfoques no cubren todas las fases del ciclo de vida o todos los pilares de la sostenibilidad (Fernández R., Martin-Portugues C., Guedella E., 2016).

Una metodología recomendable para implementar dentro de los proyectos viales en temas de sostenibilidad es “Green Roads” ya que su objetivo es cuantificar las prácticas sostenibles asociadas al diseño y construcción de carreteras. Esta permite tomar decisiones de sostenibilidad informadas o de consentimiento informado, proporciona un medio cuantitativo de evaluación de la sostenibilidad, estimula la mejora e innovación en sostenibilidad vial, y proporciona estándares básicos de sostenibilidad. Desde el punto de vista específico permite identificar el funcionamiento del sistema, hacer un seguimiento al ciclo de desarrollo y particularmente permite visualizar cómo el pavimento de concreto sostenible es una de las soluciones que encajan en la métrica de rendimiento (Muench S., Anderson J., Bevan T., 2010).

Es importante mencionar también lo que describen Muench S., Anderson J., Bevan T., 2010 respecto al uso de prácticas sostenibles en la infraestructura civil, pues al no existir medios cuantitativos de evaluación en esta área, no habría información suficiente para los tomadores de decisiones.

La metodología propuesta por Muench S, Anderson J y Bevan T puede contener:

1. Fomenta prácticas más sostenibles en el diseño de carreteras y construcción,
2. Proporciona un medio cuantitativo estándar de evaluación vial sostenible.
3. Permite tomar decisiones informadas y plantear compensaciones respecto a la carretera sostenible.
4. Permite que a las organizaciones les otorguen beneficios a los proyectos viales certificados, y
5. Establece e implementa requerimientos base para el logro de una vía sustentable.

Esta metodología puede ayudar a mejorar las carreteras tomando en cuenta prácticas de sostenibilidad (Muench S., Anderson J., Bevan T., 2010).

A nivel de Sur América, encontramos a países como Brasil y Argentina con infraestructura vial sostenible, que han sido resaltadas por el Banco Mundial en su reporte número 93903 de febrero de 2015, en este documento se plasman dos ejemplos de carreteras sostenibles, el primero la carretera provincial 3, Provincia del Chaco, Argentina, el segundo la carretera MS-436, Estado de Mato Grosso Do Sul, Brasil (Montgomery R., Schirmer H., Hirsh A., 2015).

Como lo menciona el BID, 2015 en países de ingresos bajos y medios, la incorporación de principios y mejores prácticas de sostenibilidad para proyectos viales ha sido un desafío por numerosas razones, entre otras, distintos niveles de compromiso y recursos financieros limitados. Además, por lo general existe una falta de entendimiento en relación a conceptos de sostenibilidad y cómo abordarlos, dadas las características específicas de cada país y de cada proyecto. Asimismo, los sistemas de calificación de sostenibilidad son relativamente complejos y su aplicación resulta un reto por las diferencias que contiene un proyecto vial (tipo, tamaño, ubicación, etc.), además de las condiciones socioeconómicas y ambientales de los países en desarrollo.

El propósito que se busca con la sostenibilidad vial es que los países se enfoquen en aquellas acciones sostenibles que van más allá del simple cumplimiento de los requisitos regulatorios ambientales del país (mitigación de impactos negativos, cumplimiento de

permisos ambientales, y que abogan por mejores prácticas, tales como la reducción del consumo (energía, agua, materiales, etc.), la ausencia de impactos netos sobre los recursos y la mejora ambiental y social. En muchos casos, se selecciona a los contratistas de construcción basándose en ofertas de costo más bajas y que podrían tener escasos conocimientos acerca de acciones sostenibles y, específicamente, de las oportunidades de ahorro de costos que dichas acciones presentan (Montgomery R., Schirmer H., Hirsh A., 2015).

A nivel nacional, la aplicabilidad de proyectos con enfoque sostenible es nuevo, dadas las recientes políticas implementadas por el gobierno; como se ha indicado con anterioridad, el Ministerio de Ambiente, socializó los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia, publicados en 2021 y el INVIAS implementó la Política de Sostenibilidad para la Infraestructura de Transporte, publicada en 2020. Aunque estos documentos fueron publicados recientemente, en el país se han adelantado algunas tesis de grado que abordan el concepto de la sostenibilidad mediante la revisión de las metodologías y proponiendo escalas de calificación y medición en estudios de caso. Sin embargo y de acuerdo con lo investigado en estas tesis, es importante resaltar que los resultados y evaluaciones se realizaron en proyectos de infraestructura que no tenían un enfoque de planificación y estructuración con énfasis en sostenibilidad.

Como menciona Avellanada E., Castiblanco L., (2021) y Ballesteros C., Hurtado H., (2020), en su trabajo de grado los resultados de la aplicabilidad de los indicadores establecidos fueron negativos dado que los proyectos estudiados no fueron estructurados con una orientación sostenible en ninguna de las fases, por lo que la metodología planteada por los autores no tendría valor representativo al estudio, no obstante, el análisis realizado dentro del documento a cada una de las metodologías es válido y con opción de mejora para nuestra propuesta metodológica.

Para pensar en vías sostenibles debemos tener una perspectiva holística donde todos los procesos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos tengan la misma importancia para lograr proyectos con desempeño de sustentabilidad. Donde las partes interesadas del proyecto como departamentos gubernamentales, clientes, consultores, contratistas, subcontratistas y proveedores, tengan diferente participación para cooperar en varias

etapas del proyecto, ya que generalmente las áreas trabajan individualmente y se centran en sus propias profesiones. El procedimiento para evaluar el rendimiento de la sostenibilidad es dinámico y se ve afectado por factores entrelazados (Shen L., Hao J., Wing-Yan V & Yao H, 2007) que, si no se tienen en cuenta las diferentes etapas de un proyecto y todas las áreas para la construcción de una vía, no va a ser posible considerar el proyecto como sostenible

La opción más asertiva es seguir la "metodología del pluralismo" (es decir, la combinación de múltiples métodos / herramientas) para una inclusión exhaustiva de diferentes criterios (Suprayoga G., Bakker M., Witte P., Spit T., 2020) para evaluar que los proyectos viales sean sostenibles en el tiempo y garanticen su enfoque en todas las áreas del conocimiento.

De acuerdo con la información relacionada en esta tesis acerca de las metodologías y estudios de caso a nivel mundial y local, es importante resaltar lo mencionado por Díaz J. et al., quienes indican que estas metodologías (CEEQUAL, IS, ENVISION) están enfocadas al cumplimiento en países desarrollados y están sesgadas a la situación particular de los países en desarrollo, de lo anterior, se puede considerar que dichas metodologías no contemplan un conocimiento de la zona específica donde se desarrollan los proyectos, por lo que la calificación puede estar por fuera de la situación ambiental, social y económica de cada país.

Sin embargo, no se puede desconocer como varios autores indican, que estas metodologías son herramientas para la toma de decisiones más responsables y que deben seguir tomando fuerza a nivel global, de igual manera, al contar con un análisis comparativo de cada una de estas metodologías se puede determinar cuál de los indicadores e ítems de medición son los más apropiados para ser objeto de adaptación para la situación ambiental, social y económica del país, ajustándose a la Política de Sostenibilidad en proceso de implementación por el INVIAS y a los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, esto, como punto de partida y aplicabilidad de la metodología que se desea plantear en este documento.

Nuestro proyecto plantea una metodología para las características propias de Colombia, atendiendo todos los posibles factores ambientales, sociales y económicos, que puedan

propender por la sostenibilidad vial en los proyectos presentes (INVIAS) o futuros (demás entidades) para el país.

Construir una metodología con base en las existentes internacionalmente, puede llegar a ser complejo de adaptar debido a las diferentes categorías a evaluar, no obstante, ya se cuenta con unos análisis previos realizados por varios autores que pueden ser base para nuestra nueva evaluación. De igual manera, los resultados obtenidos de las ruedas de innovación realizadas por el INVIAS son base para poder definir ítems enfocados al uso de tecnologías y materiales nuevos para la construcción de vías.

Con nuestra propuesta se espera elaborar una metodología de evaluación aterrizada al contexto ambiental, social y económico del país, con el fin, de brindar una herramienta de apoyo para medir y cuantificar el grado de sostenibilidad que tienen los proyectos de infraestructura vial. Con la propuesta a elaborar esperamos que sirva como guía o referencia para las entidades carreteras del país para su aplicación y posible adopción para los futuros pliegos de condiciones en proyectos de infraestructura vial.

7. MARCO LEGAL

A continuación, se presenta el marco legal vigente en el país y en el ámbito internacional para la construcción de obras de infraestructura vial sostenibles:

- Legislación Nacional

Tabla 1

Marco legal nacional

Norma	Nombre	Contenido
CPC-1991	Constitución Política de la República de Colombia	Artículo 79. "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, y la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo" Artículo 80. "El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados."
Ley 99 de 1993	Por la cual, se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se	Esta Ley crea el Sistema Nacional Ambiental y determina parámetros de acción. También incluye los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Así mismo, establece el concepto de Desarrollo Sostenible, como aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar

Norma	Nombre	Contenido
	organiza el Sistema Nacional Ambiental y se dictan otras disposiciones.	el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.
Ley 1523 de 2012	Por la cual, se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.	La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.
Ley 1682 de 2013	Por la cual, se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias” y su desarrollo reglamentario.	Entre los principios orientadores de los proyectos de infraestructura incluidos en el artículo 8º, advierte que deberán diseñarse y desarrollarse con los más altos criterios de sostenibilidad ambiental, acorde con los estudios previos de impacto ambiental debidamente socializados y cumpliendo con todas las exigencias establecidas en la legislación para la protección de los recursos naturales y en las licencias expedidas por la autoridad ambiental competente, quien deberá hacer un estricto control y seguimiento en todas las actividades de los proyectos.
Ley 1844 de 2017	Por medio de la cual, se aprueba el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de	La ratificación del Acuerdo de París significó el compromiso del Estado colombiano con el logro de un conjunto de metas en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y adaptación a los efectos del Cambio Climático.

Norma	Nombre	Contenido
	diciembre de 2015, en París, Francia.	
Ley 1931 de 2018	Por la cual, se establecen directrices para la gestión del cambio climático	La Ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las organizaciones públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.
Ley 1955 de 2019	Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”.	Una de las estrategias transversales del plan nacional de desarrollo es el “Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo”, el cual busca un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación del ambiente que potencie nuevas economías y asegure los recursos naturales para las futuras generaciones.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

- **Políticas públicas relacionadas con desarrollo sostenible.**

Tabla 2

Marco legal de las políticas públicas nacionales.

Norma	Nombre	Contenido
CONPES 3918 de 2018	Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia.	<p>Este documento CONPES es un punto de partida en la definición de indicadores, acciones y metas de los diferentes sectores del gobierno para el desarrollo de programas, proyectos e iniciativas en torno al desarrollo sostenible; así como para garantizar el seguimiento y la rendición de cuentas frente a los avances reportados por cada sector.</p> <p>El Ministerio de Transporte es la entidad líder para la implementación de las metas de los ODS 9.1: “Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos” y 11.2: “Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad”.</p>
CONPES 3934 de 2018	Política de Crecimiento Verde para el país	La Política de Crecimiento Verde tiene como propósito impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, mientras se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social de manera compatible con el clima, en

Norma	Nombre	Contenido
		<p>un periodo de implementación de 13 años entre el 2018 y 2030. En el marco de esta política se establecen trayectorias de crecimiento para garantizar en el largo plazo el desarrollo económico, la conservación del capital natural, el bienestar social y la seguridad climática.</p> <p>Teniendo en cuenta el objetivo de la política de crecimiento verde, al sector transporte le corresponde contribuir en dos aspectos: 1) la reducción de las emisiones de CO2 y 2) la optimización en el uso de los recursos naturales y energía en los procesos constructivos de obras civiles.</p>

Fuente. Elaboración propia, 2022.

- **Lineamientos normativos nacionales.**

Tabla 3

Marco legal nacional de entidades del estado

Norma	Nombre	Contenido
Resolución 000263 del 2020	Por el cual se determina el procedimiento para dotar la regulación técnica de nuevas tecnologías para la infraestructura del transporte	Este documento determina los términos y condiciones correspondientes para participar en las denominadas ruedas de Innovación y Sostenibilidad implementadas por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Norma	Nombre	Contenido
Resolución 000405 de 2020	Por la cual se adopta la “Política de Sostenibilidad para la infraestructura del transporte y se crea el Comité de Sostenibilidad del Instituto Nacional de Vías – INVIAS”	Adoptar la Política de Sostenibilidad para la infraestructura de transporte a cargo del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, cuya aplicación y cumplimiento es obligatorio para todas las dependencias y personas naturales y jurídicas vinculadas al Instituto.
Resolución 2335 de 2022	Por la cual se adopta la actualización de la Guía de Manejo Ambiental de proyectos de infraestructura modo carretero 2022 y de la Guía de Manejo Ambiental de proyectos de infraestructura modos marítimo y fluvial 2022	La guía es un referente técnico, de carácter conceptual, metodológico y procedimental para apoyar la gestión, manejo y desempeño ambiental de los proyectos, obras y actividades de mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura de transporte, las cuales se encuentran contenidas en los documentos anexos y hacen parte integral de la resolución.

- **Legislación internacional.**

Tabla 4

Marco legal internacional.

Año	Lineamientos	Descripción
1972	Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano	Adoptado en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, realizada el 16 de junio de 1972 en Estocolmo
1987	Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro Futuro Común” Informe Brundtland	En el marco de la cesión desarrollada por el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas celebrada en Nairobi del 8 al 19 de junio de 1987, se adoptó la decisión 14/14, de 16 de junio de 1987, titulada “Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo” Presentado en la Asamblea General llevada a cabo el 4 de agosto de 1987
1992	Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	Adoptada en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, desarrollada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, principios que fueron incluidos por el ordenamiento colombiano a través de la Ley 99 de 1993. La Declaración reconoció internacionalmente el hecho de que la protección del medio ambiente y la administración de los recursos naturales deben integrarse en las cuestiones socioeconómicas de pobreza y desarrollo.
2012	Río +20	En esta conferencia se acordó iniciar un proceso para desarrollar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que se basarán en los Objetivos de Desarrollo del Milenio y deberán converger con la agenda de desarrollo post-2015. Río+20,

		obtuvo también la atención de miles de representantes del sistema de las Naciones Unidas y de grupos principales. El resultado fue más de 700 compromisos voluntarios y la creación de nuevas alianzas para promover el desarrollo sostenible (https://www.cepal.org/rio20/es/index)
2014	Acuerdo de Cambio Climático de París (COP 21)	El Acuerdo de París constituye una respuesta concertada de la comunidad internacional para enfrentar al cambio climático. Establece medidas para la mitigación (reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero); la adaptación de la sociedad a los cambios producidos en el clima; y la implementación de medios para alcanzar los objetivos.
2015	Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	Los objetivos de desarrollo sostenible -ODS parten de reconocer que las iniciativas para acabar con la pobreza deben ir de la mano de estrategias que favorezcan el crecimiento económico y aborden una serie de necesidades sociales, entre las que cabe señalar la educación, la salud, la protección social y las oportunidades de empleo, a la vez que luchan contra el cambio climático y promueven la protección del medio ambiente. (Organización de las Naciones Unidas, 2018)
2021	Conferencia sobre el cambio climático (COP26)	Allí los países reafirmaron el objetivo del Pacto de París de limitar el incremento de la temperatura media mundial a 2 °C por encima del nivel preindustrial y esforzarse por no superar 1,5 °C. Además se resaltó la urgencia de actuar “en esta década crítica”, en la que las emisiones de dióxido de carbono deben reducirse un 45 % con el fin de alcanzar las emisiones netas cero para mediados de siglo (https://www.un.org/es/climatechange/cop26).

Fuente. Elaboración propia, 2022.

8. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta propuesta de investigación, se plantea en una primera etapa realizar una búsqueda detallada de las diferentes metodologías de evaluación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial a nivel mundial, para luego escoger tres (3) de mayor importancia y/o aplicabilidad en el mundo, con el fin de verificar los criterios y/o ítems que utilizan para evaluar las variables de sostenibilidad en los proyectos o actividades y con ello elaborar nuestra propuesta de metodología.

Para ello, se usará cada uno de los recursos bibliográficos con los que cuenta la universidad (bases de datos y revistas científicas) que nos permitan hacer una revisión exhaustiva de la información disponible en universidades nacionales e internacionales sobre proyectos de pregrado y posgrado, así como de publicaciones en revistas científicas reconocidas.

Posteriormente, en una segunda etapa se hará una comparación de las tres (3) metodologías identificadas para diferenciar los criterios de evaluación y como estos pueden aplicar o adaptarse a la situación ambiental, social y económica del país. Mediante una tabla comparativa se ubican cada una de las metodologías y se pueda identificar cuales evalúan ítems o criterios similares o diferentes.

Con los resultados de la comparación de las metodologías aplicables al proyecto de investigación, se definirán en una tercera etapa aquellos ítems que van a ser parte de la metodología a elaborar. De igual manera, se incluirán y adaptarán criterios que a consideración de los investigadores deberían ser parte de la metodología final.

Finalmente, en la cuarta etapa de la investigación se elaborará una metodología multicriterio para determinar valores medibles y cuantificables de cada categoría seleccionada, con el fin de calcular para cada uno el valor de cumplimiento de la sostenibilidad en cada etapa o proceso del desarrollo de un proyecto vial; en esta etapa se va a tener en cuenta la información obtenida de las ruedas de innovación realizadas por el INVIAS como soporte de los criterios que tengan relación con nuevas tecnologías y/o innovación.

9. PRESENTACIÓN

La *Infraestructura vial* en el país, se encuentra clasificada dentro del sector secundario de la economía del país, dado que hace parte de la construcción donde a su vez también se encuentra la construcción vertical (vivienda) (Ministerio de Transporte, 2011).

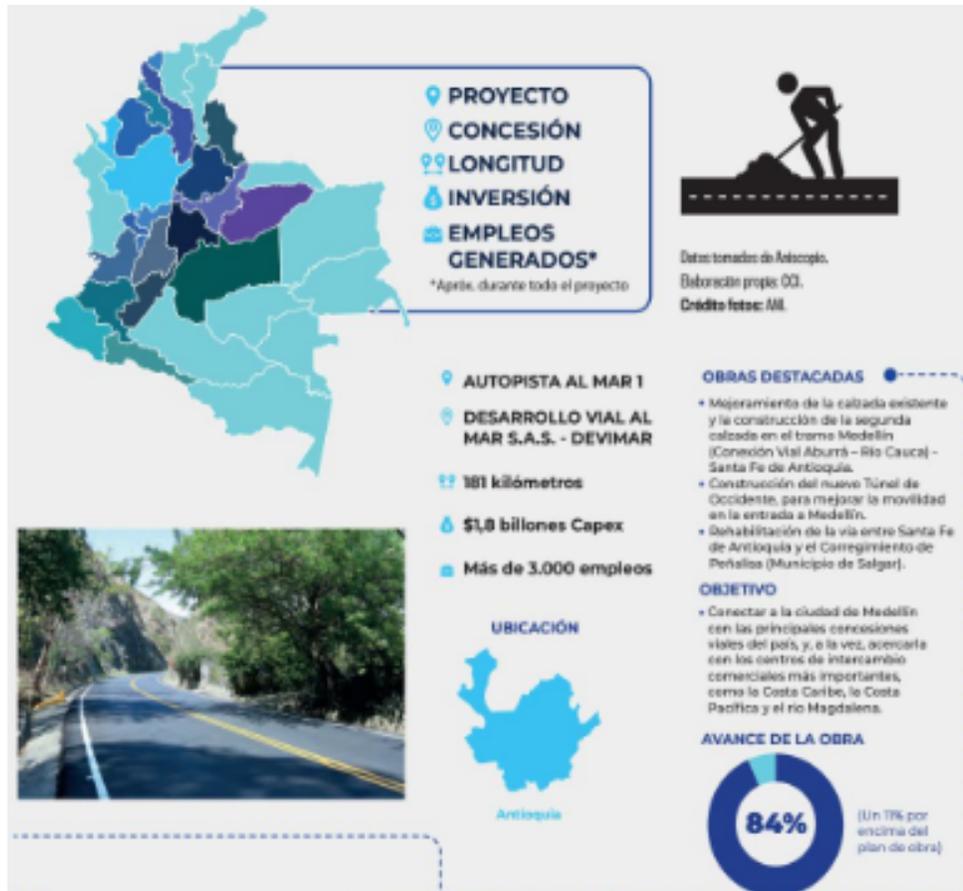
De acuerdo con Pérez, 2005 en Colombia la infraestructura vial tiene sus orígenes durante la primera mitad del siglo XX, fue tal la importancia de las obras realizadas entre 1975 y 1994 que, el total de la red vial nacional y pavimentada se duplicó, aumentando cerca de 5.600 km, mientras que las carreteras vecinales y departamentales aumentaron su longitud en 55.000 km (Pachón & Ramírez, 2005). Lo anterior, determinó un gran cambio a nivel nacional, donde se priorizó el progreso por encima del bien común; la construcción de vías se hizo con el fin de conectar grandes ciudades de manera ágil y segura. Desde este punto, parte la idea del gobierno de crear un ministerio que velara por el cumplimiento, ejecución y seguimiento a los diferentes proyectos del país.

La genealogía del Ministerio de Transporte se remonta al año de 1905, durante el Gobierno del general Rafael Reyes, cuando se creó el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, con el fin de atender los bienes nacionales, las minas, petróleos, patentes de privilegio y registros de marcas, los ferrocarriles, caminos, puentes, edificios nacionales y tierras baldías. (Ministerio de Transporte, 2011).

Según la información consultada para el sector construcción en general en el segundo trimestre del 2021, el sector aportó al PIB por un valor de 17.6%, en el caso de la construcción de vías aportó al PIB dentro de ese porcentaje el 19,8%, de acuerdo con lo indicado por el Ministerio de Transporte en una entrevista radial (Radio Santa fe, 2021). Y de acuerdo con datos suministrados por el Ministerio de Transporte, el sector de la *infraestructura vial* aportará para el año 2021 cerca de 630.000 empleos directos en todo el país en el programa de “Concesiones del Bicentenario”, lo que derivará en un crecimiento a la reactivación económica del país (Revista La República, 2021). En concordancia con lo anterior, la Cámara Colombiana de Infraestructura público en su Revista los siguientes datos:

Ilustración 1

Generación de empleo infraestructura vial



Fuente. Revista Infraestructura & Desarrollo, 2021.

Como se muestra en la Ilustración 1, este es un ejemplo una de las concesiones viales del país (Autopistas al Mar 1) que genera una proporción considerable de empleos en la región y que a su vez propicia la reactivación económica del país en estos tiempos de pandemia. De acuerdo con la información reportada en la revista la mayoría de las concesiones se encuentran en promedio por encima de la mitad de su ejecución lo que determina un número de empleos constantes para la zona donde se ejecutan. (Cámara Colombiana de Infraestructura, 2021).

No solo este sector genera empleo directo, lo hace también de forma indirecta con cada uno de los proveedores que se requieren para la construcción de una vía, algunas empresas

que se ven beneficiadas por estos proyectos son, cementeras, siderúrgicas, ladrilleras, plásticos, ferreterías, hotelería, restaurantes, entre otros; lo que impulsa a un crecimiento en las regiones donde se están ejecutando actualmente proyectos de infraestructura vial. Todo lo anterior, es un motor para la economía del país que se vio afectada con los cierres y suspensiones de todo tipo de actividad económica en el país a causa de la pandemia.

Desde el punto de vista ambiental, los proyectos de infraestructura vial, generan una serie de impactos negativos, lo anterior debido a la necesidad de aprovechamiento de los recursos naturales, siendo el consumo del recurso hídrico y el aprovechamiento forestal los más afectados, no obstante, también se generan impactos por emisiones, contaminación al suelo, fragmentación de ecosistemas, ahuyentamiento de fauna. Si bien, Colombia cuenta con una amplia regulación ambiental para el control y seguimiento al aprovechamiento de recursos naturales, en muchas ocasiones estos no son lo suficientemente efectivos para mitigar o compensar los impactos generados en la construcción de una vía.

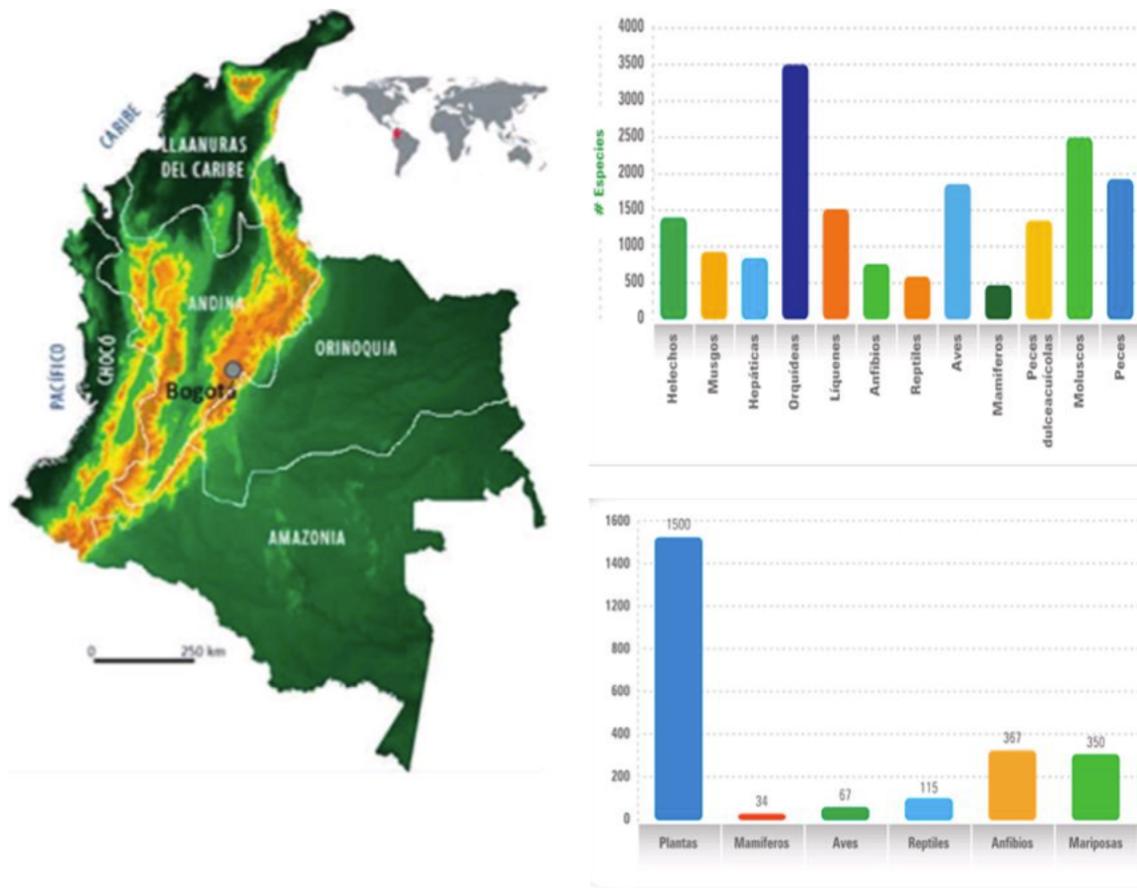
En Colombia la biodiversidad es particularmente importante y sus servicios ecosistémicos en la medida en que es considerado uno de los 14 países megadiversos, alberga, como ya se mencionó, cerca del 10% de las especies conocidas en el mundo; el país ocupa el primer lugar en aves y anfibios, el segundo en plantas, tercero en reptiles y quinto en mamíferos. (Martínez G, 2017).

El país cuenta, como pocos en el mundo, con cinco ecorregiones terrestres y dos marino-costeras: Chocó biogeográfico, reconocida a nivel mundial por su bosque húmedo tropical con alta diversidad y endemismo de especies; Llanuras del Caribe, que alberga un sinnúmero de sabanas, bosques secos y complejos extensos de humedales; Amazonia, con dos diferentes zonas de vida, el bosque húmedo de zona baja, entre los 80 y 1000 msnm, y el bosque montano, entre los 1000 y los 3400 msnm, se estima que alberga 5400 millones de toneladas de carbono; La Orinoquia con sus sabanas naturales, y bosque de galería, donde juegan un papel más que central los humedales y las grandes superficies inundables, sin dejar a un lado la elevada riqueza de especies de peces de agua dulce. La Región Andina, con elevaciones superiores a los 5000 msnm, uno de los ecosistemas más emblemáticos que se erige en la región Andina, el páramo, de extrema vulnerabilidad a los fenómenos del cambio climático y de gran importancia para la sociedad por sus diversos

servicios ecosistémicos. (Martínez G, 2017).

Ilustración 2

Ecorregiones terrestres y marino-costeras de Colombia, riqueza de especies por diferentes grupos taxonómicos en Colombia y número de especies endémicas en Colombia por grupo biológico.



Fuente. V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia 2014, adaptado por Martínez G, 2017.

En cuanto a las entidades que administran y estructuran los proyectos de construcción de vías encontramos tres (3) los cuales son: la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, El Instituto Nacional de Vías – INVIAS y las Gobernaciones, resaltando que para la ANI los proyectos se desarrollan en vías nacionales de primer orden, para el INVIAS proyectos en vías de primer y segundo orden y para las Gobernaciones los proyectos se desarrollan en

vías de segundo y tercer orden; bajo esta distribución es que se determina que entidad es la competente para la estructuración, seguimiento y operación de los proyectos de infraestructura vial en Colombia.

El INVIAS por medio de la Política de Sostenibilidad para el desarrollo de la infraestructura de transporte, quiere contribuir con el desarrollo sostenible en el marco de su gestión, a través de cuatro (4) ejes estratégicos que buscan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la optimización en el uso de los recursos naturales en los procesos constructivos de infraestructura de transporte, el aseguramiento de las estrategias de sostenibilidad a nivel institucional e interinstitucional, prácticas constructivas y operativas amigables con los recursos naturales y el entorno, infraestructura de transporte adaptada a la variabilidad climática, actualización tecnológica en la construcción y operación, transporte inclusivo para diferentes grupos poblacionales y el desarrollo de una cultura de sostenibilidad. (INVIAS, 2019).

El objetivo principal de esta política es definir estrategias y líneas de acción en donde se implementen criterios de sostenibilidad en torno a la gestión institucional y en el desarrollo de los proyectos de infraestructura de la entidad. Los ejes y objetivos específicos de la política son:

- **EJE 1. Proyectos sostenibles:**

Incorporar criterios de sostenibilidad en el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura de transporte.

- **EJE 2. Infraestructura y comunidades sostenibles:**

Integrar las necesidades de los diferentes grupos poblacionales, para dar soluciones específicas a cada una de ellas.

- **EJE 3. Institucionalidad sostenible:**

Implementar estrategias de sostenibilidad a nivel institucional e interinstitucional.

- **EJE 4. Innovación sostenible:**

Fomentar el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación aplicadas a proyectos de infraestructura de transporte. (INVIAS, 2019).

Las estrategias que se definieron para esa política son para cada eje:

√ **EJE 1. Proyectos sostenibles**

1. Implementar estrategias de sostenibilidad en el ciclo de vida de los proyectos.
2. Desarrollar e implementar el concepto de infraestructura verde en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos del Instituto.
3. Impulsar el transporte intermodal, como alternativa para el desarrollo sostenible de las regiones.
4. Fortalecer la Infraestructura necesaria para la implementación del transporte limpio (movilidad sostenible).
5. Promover la eficiencia energética y el uso de fuentes de energías renovables en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura de transporte.
6. Fomentar el ahorro, la conservación y la reutilización del recurso hídrico en el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura de transporte.
7. Impulsar el uso de materiales alternativos y reciclados en la construcción y operación de los proyectos del Instituto.
8. Diseñar e implementar alternativas de conservación y restauración del medio natural en la etapa de cierre de los proyectos.

√ **EJE 2. Infraestructura y comunidades sostenibles**

1. Considerar e involucrar a las comunidades, su entorno natural y partes interesadas, como eje central en la planeación, diseño, construcción y operación de la infraestructura de transporte, en armonía con el ordenamiento del territorio.
2. Fomentar la infraestructura de transporte inclusivo para dar solución a las necesidades productivas y de accesibilidad de las comunidades locales y de diferentes grupos poblacionales (humanos y animales).
3. Contribuir a la protección de la diversidad étnica y cultural en los proyectos de infraestructura de transporte sostenible.

√ **EJE 3. Institucionalidad sostenible**

1. Promover la sostenibilidad dentro de las acciones internas del Instituto.
2. Priorizar la sostenibilidad como eje de la normatividad asociada a la infraestructura de transporte.

3. Cooperar con todos los actores del sector transporte para que sus acciones y decisiones se enmarquen en la cultura de sostenibilidad.
4. Promover la sostenibilidad en la planeación territorial entorno a la infraestructura de transporte.
5. Desarrollar nuevas fuentes de financiación al INVIAS basadas en negocios verdes y promover proyectos autosostenibles.
6. Liderar la gestión del riesgo y la adaptación a la variabilidad climática en el sector transporte y apoyar su implementación regional.
7. Desarrollar incentivos para la selección de proveedores donde se incorporen criterios de sostenibilidad.

√ **EJE 4. Innovación Sostenible**

1. Desarrollar plataformas tecnológicas para el diseño, gerencia y administración de los proyectos de infraestructura de transporte sostenible.
2. Promover la investigación académica y espacios de intercambio de conocimiento, relacionados con el desarrollo de infraestructura de transporte sostenible en los proyectos.
3. Desarrollar un programa de incentivos para la selección de proveedores, contratistas de obra e interventoría para que incorporen la implementación de tecnologías sostenibles.
4. Promover el uso de conocimientos tradicionales (ancestrales), nuevas tecnologías y bioingeniería que contribuyan al desarrollo de la infraestructura garantizando la sostenibilidad.

Es desde este último eje que el INVIAS ha venido desarrollando hasta la fecha las Ruedas de Innovación y Sostenibilidad, que como se ha mencionado anteriormente ya cuenta con 5 ediciones, de las cuales ya se cuenta con un informe de resultados para las 3 primeras, en donde se puede resaltar la siguiente información:

En las tres (3) primeras Ruedas de Innovación y Sostenibilidad se presentaron en total 209 innovadores, que fueron divididos en 11 áreas de aplicación en la infraestructura vial, tal como se resume en la tabla.

Tabla 5

Clasificación de las tecnologías presentada en la primera rueda de innovación y sostenibilidad

ÁREA DE APLICACIÓN			INNOVACIONES PRESENTADAS			
#	Nombre	Código	Rueda 1	Rueda 2	Rueda 3	SUBTOTAL
1	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	E	40	-	3	43
2	GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA	GI	34	1	7	42
3	GEOTECNIA	G	19	-	4	23
4	CONCRETOS	C	15	-	1	16
5	ASFALTOS	A	13	-	2	15
6	MANUALES	MN	6	-	-	6
7	MATERIALES	M	6	-	4	10
8	EQUIPOS	EQ	4	-	-	4
9	MARÍTIMO Y FLUVIAL	MF	3	-	-	3
10	SEGURIDAD VIAL	SV	2	-	12	14
11	SISTEMAS DE MONITOREO Y VIDEOVIGILANCIA	SMV	-	33	-	33
TOTAL			142	34	33	209

Fuente. Informe de preselección de nuevas tecnologías, 1ª, 2ª y 3ra Ruedas de Innovación y Sostenibilidad. INVIAS, 2020.

Entendiéndose que las áreas de aplicación fueron establecidas de acuerdo con las tecnologías presentadas en los eventos mencionados, a partir de las siguientes consideraciones:

- **Estabilización de Suelos (E):** Corresponde a materiales, procedimientos y/o productos que mejoren el comportamiento de los suelos, a nivel de subrasante o en capas granulares.
Cabe anotar que se estableció como un grupo independiente, a pesar de poder ser parte del área de geotecnia, puesto que tuvo el mayor número de participantes, que corresponde al 21% de los participantes.
- **Gestión de la Infraestructura (GI):** Se entiende como aplicaciones, software, instrumentación y monitoreo que permitan realizar un control de la ejecución y mantenimiento de proyectos de infraestructura.
- **Geotecnia (G):** Técnicas, procedimientos de construcción, y productos en general

para construcción de estructuras de contención, túneles, y estabilización de taludes.

- **Concretos (C):** Agregados pétreos y aditivos correspondientes al área específica de los concretos, que mejoren su desempeño a nivel estructural y se adapte a las necesidades de la infraestructura vial.
- **Asfaltos (A):** Técnicas y aditivos para el asfalto que permitan una mejora en la construcción y desempeño de la estructura del pavimento, así como en el mantenimiento y rehabilitación.
- **Manuales (MN):** Corresponde a metodologías, propuestas de investigación, elaboración de guías, manuales, y/o normativas relacionadas con el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura vial.
- **Materiales (M):** son aquellos productos, agregados, tecnologías, aplicables de manera general a la infraestructura de transporte, que no tienen una relación directa con las áreas mencionadas anteriormente o que se pueden utilizar en más de una; como impermeabilizantes, sistemas de cerramiento, materiales reciclables, entre otros.
- **Equipos (EQ):** Maquinaria línea amarilla o similar, orientada a la ejecución de proyectos de infraestructura vial.
- **Marítimo y Fluvial (MF):** Materiales, tecnologías, y técnicas orientadas al modo marítimo y fluvial.
- **Seguridad Vial (SV):** Materiales, metodologías, productos que garanticen el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, su infraestructura y la seguridad del usuario.
- **Sistemas de Monitoreo y Autovigilancia (SMV):** Se refiere a tecnologías que permiten el monitoreo, control y vigilancia de la infraestructura vial (INVIAS, 2020).

La información anterior, es la base para el desarrollo de nuestra propuesta de metodología para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial en Colombia con énfasis en innovación.

La Entidad estableció mediante la Resolución No. 000263 del 31 de enero del 2020, el procedimiento para adoptar la regulación técnica de nuevas tecnologías para la infraestructura de transporte (INVIAS, 2022).

En el marco de dicho procedimiento, se adelantó por parte del INVIAS el proceso de preselección y selección de las nuevas tecnologías que participaron en las tres primeras ruedas de innovación, y las cuales continuarían el proceso de regulación (INVIAS, 2022).

Continuando con el procedimiento de regulación, se suscribió con la Universidad del Cauca el Convenio Interadministrativo No. 1633 de 2020, cuyo objeto es: *“AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS, JURÍDICOS Y FINANCIEROS, CON EL PROPOSITO DE EFECTUAR ACOMPAÑAMIENTO AL PROCESO DE REGULACIÓN TÉCNICA DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE”*, con el fin de trabajar bajo un modelo cooperativo en el cual se integrará no solo al sector público, sino también al sector privado y la academia generando sinergias y una innovación abierta; es así como de acuerdo con el alcance estimado para el citado convenio y para las familias reclasificadas en el SG3, el Ente Investigador elaboró las especificaciones generales de construcción asociadas a estas nuevas tecnologías, las cuales fueron objeto de discusión en mesas técnicas de trabajo colaborativo que contó con la participación de los sectores productivos, académicos y gremiales, permitiendo concertar diferentes puntos de vista, aportes de conocimiento y experiencia a los documentos técnicos, y posteriormente socializadas y publicadas en la página web del instituto, con miras a su adopción por parte de la Entidad, y que a continuación se relacionan:

Tabla 6

Nuevas tecnologías de innovación

CAPÍTULO	ARTÍCULO	TÍTULO
Afirmados, Subbases y Bases	Artículo 323-22	Subbase granular con agregado siderúrgico.
Pavimentos Asfálticos	Artículo 418-22	Fibras sintéticas de aramida y poliolefina de refuerzo para mezcla asfáltica
Estructuras y Drenajes	Artículo 633-22	Prefabricados de concreto reforzado de gran formato (box couvert, prelosas colaborantes, puentes peatonales y vigas pretensadas)
Estructuras y Drenajes	Artículo 685-22	Bolsas de geotextil gigantes (BGG)
Estructuras y Drenajes	Artículo 686-22	Muro en suelo claveteado con paneles de concreto
Estructuras y Drenajes	Artículo 687-22	Muros en suelo reforzado – malla metálica reforzada para conformación de taludes y muros en suelo
Señalización y Seguridad	Artículo 702-22	Tachas reflectivas con espigo
Señalización y Seguridad	Artículo 703-22	Tachas electrónicas solares led
Señalización y Seguridad	Artículo 732-22	Barreras metálicas con rodillos
Obras Varias	Artículo 801-22	Cercas y cerramientos con postes ecológicos
Obras Varias	Artículo 840-22	Obras de ingeniería verde
Obras Varias	Artículo 850-22	Geobioingeniería

Fuente. INVIAS, 2022.

A la fecha, se avanza en el proceso de recibo por parte del INVIAS de dichas especificaciones, así como en las gestiones para la adopción de estas como documentos técnicos aplicados a los proyectos de infraestructura de transporte.

En cuanto a las familias reclasificadas en el SG2, el Ente investigador adelantó la fase de validación experimental de las familias asociadas al asfalto en frío, concreto celular y estabilización de suelos con productos químicos no convencionales; a la fecha, ya se cuenta con los borradores de especificación general de construcción de estas familias, y los cuales se estima su socialización y publicación en la página web del INVIAS con miras a su adopción por parte de la Entidad, a finales del mes de junio del presente año. (INVIAS, 2022).

10. REVISIÓN METODOLOGÍAS SELECCIONADAS

De acuerdo con lo mencionado en el marco conceptual del documento donde se relacionan las metodologías mencionadas en la política de sostenibilidad del INVIAS y que son reconocidas a nivel mundial; muchas de estas se ofrecen como un servicio por parte de la empresa o entidad que la desarrolló, por lo que no es sencillo contar con la información de evaluación de la sostenibilidad. Por lo anterior, a continuación se hace una descripción breve de las metodologías escogidas para posteriormente hacer la comparación y análisis de la información.

10.1 Envision

El propósito del sistema Envision es promover mejoras drásticas y necesarias en el desempeño de la sostenibilidad y la resiliencia de las infraestructuras físicas. El sistema Envision ofrece el marco y las iniciativas necesarios para iniciar este cambio sistémico.

El sistema Envision es una guía para la toma de decisiones, y no un conjunto de medidas prescritas. En su función como herramienta de orientación para la planificación y el diseño, el sistema Envision se sirve de parámetros de sostenibilidad para todo tipo de infraestructura dentro de la gama industrial a fin de ayudar a los usuarios a valorar y determinar en qué medida el proyecto contribuye a las condiciones de sostenibilidad en todos los aspectos de los tres pilares del desarrollo sostenible (Envision, 2015).

¿QUÉ ES EL SISTEMA ENVISION?

El sistema Envision es un sistema de calificación para valorar la sostenibilidad, además de ser una guía orientativa que introduce consideraciones de sostenibilidad en los proyectos infraestructurales. El sistema Envision reconoce la grave necesidad que hay de incorporar cuestiones relativas a la sostenibilidad en la infraestructura, por lo cual el sistema valora, califica y da mérito a aquellos proyectos de infraestructura que progresan de manera ejemplar y contribuyen a un futuro más sostenible. En este aspecto, el sistema Envision no solo valora el desempeño individual del proyecto, sino también la medida en la que los proyectos contribuyen a la eficiencia y la sostenibilidad a largo plazo de las comunidades para las que están concebidos. El sistema Envision asume una postura integral ante el

desarrollo de infraestructuras mediante la evaluación de los proyectos en función del valor que tienen para las comunidades, el uso eficiente de fondos y la contribución a las condiciones de sostenibilidad. Quizá más fundamentalmente, el sistema Envision no solamente pregunta si se está haciendo el proyecto correctamente, sino también si el proyecto que se está haciendo es el correcto. El sistema Envision es gratuito. Puede usarse independientemente para autoevaluaciones y como guía orientativa para la toma de decisiones. (Envision, 2015)

Esta metodología se evalúa por medio de créditos que se encuentran agrupados en categorías las cuales se describen a continuación:

Tabla 7

Criterios de evaluación metodología Envision.

CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
CALIDAD DE VIDA	1. Propósito	QL1.1 Mejorar la calidad de vida de la comunidad. QL1.2 Estimular el desarrollo y el crecimiento sostenibles. QL1.3 Desarrollar capacidades y destrezas locales.
	2. Bienestar	QL2.1 Mejorar la salud y la seguridad públicas. QL2.2 Minimizar el ruido y las vibraciones. QL2.3 Minimizar la contaminación lumínica. QL2.4 Mejorar el acceso y la movilidad de la comunidad. QL2.5 Fomentar medios alternativos de transporte.

CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		QL2.6 Mejorar la accesibilidad, la seguridad y la señalización de las obras.
	3. Comunidad	QL3.1 Preservar los recursos históricos y culturales. QL3.2 Preservar los paisajes y el carácter local. QL3.3 Mejorar el espacio público. QL0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.
MUNDO NATURAL	1. Emplazamiento	NW1.1 Preservar los hábitats de alto valor. NW1.2 Proteger los humedales y las aguas superficiales. NW1.3 Preservar las tierras de cultivo de alto valor ecológico. NW1.4 Evitar zonas de geología adversa. NW1.5 Preservar las funciones de la llanura aluvial. NW1.6 Evitar la construcción inadecuada en pendientes pronunciadas. NW1.7 Preservar los campos abiertos sin urbanizar.
	2. Suelo y Agua	NW2.1 Manejar las aguas pluviales. NW2.2 Reducir el impacto de pesticidas y fertilizantes. NW2.3 Prevenir la contaminación de las aguas superficiales y las subterráneas.
	3. Biodiversidad	NW3.1 Preservar la biodiversidad de las especies. NW3.2 Controlar las especies invasoras. NW3.3 Restaurar los suelos alterados.

CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		<p>NW3.4 Preservar las funciones de los humedales y las aguas superficiales.</p> <p>NW0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito</p>
LIDERAZGO	1. Colaboración	<p>LD1.1 Proporcionar compromiso y liderazgo efectivos.</p> <p>LD1.2 Establecer un sistema para el manejo de la sostenibilidad.</p> <p>LD1.3 Promover la colaboración y el trabajo en equipo.</p> <p>LD1.4 Fomentar la participación de las partes interesadas.</p>
	2. Administración	<p>LD2.1 Buscar oportunidades de sinergia en los subproductos</p> <p>LD2.2 Mejorar la integración de las infraestructuras.</p>
	3. Planificación	<p>LD3.1 Planificar la monitorización y el mantenimiento a largo plazo.</p> <p>LD3.2 Abordar reglamentos y políticas incompatibles</p> <p>LD3.3 Prolongar la vida útil.</p> <p>LD0.0 Innovar o Exceder los requisitos del crédito.</p>
CLIMA Y RIESGO	1. Emisiones	<p>CR1.1 Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.</p> <p>CR1.2 Reducir las emisiones contaminantes atmosféricos.</p>
	2. Resiliencia	<p>CR2.1 Evaluar las amenazas climáticas.</p> <p>CR2.2 Evitar las trampas y las vulnerabilidades.</p>

CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		<p>CR2.3 Preparación para la adaptabilidad a largo plazo.</p> <p>CR2.4 Preparación para los riesgos a corto plazo.</p> <p>CR2.5 Manejar los efectos de las islas de calor.</p> <p>CR0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.</p>
DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS	1. Materiales	<p>RA1.1 Reducir la energía neta incorporada.</p> <p>RA1.2 Apoyar prácticas de compra verde.</p> <p>RA1.3 Utilizar materiales reciclados.</p> <p>RA1.4 Utilizar materiales de la región.</p> <p>RA1.5 Desviar los desperdicios de los vertederos.</p> <p>RA1.6 Reducir el traslado de los materiales excavados.</p> <p>RA1.7 Facilitar la deconstrucción y el reciclaje.</p>
	2. Energía	<p>RA2.1 Reducir el consumo de energía.</p> <p>RA2.2 Utilizar energía renovable.</p> <p>RA2.3 Controles de calidad técnicos independientes y monitorización de los sistemas energéticos.</p>
	3. Agua	<p>RA3.1 Proteger la disponibilidad de agua dulce.</p> <p>RA3.2 Reducir el consumo de agua potable.</p> <p>RA3.3 Monitorizar los sistemas de abastecimiento de agua.</p>

CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		RA0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.

Fuente. Envision, 2015 y adaptado por los autores, 2022.

10.2 Ceequal

CEEQUAL es la metodología de evaluación y calificación de sostenibilidad iniciada por el Instituto de Ingenieros Civiles (ICE, siglas en ingles) para la valoración de todo tipo de proyectos de obra civil, infraestructuras, paisajismo y urbanismo y contratos. CEEQUAL se lanzó públicamente en 2003 con la Versión 2 de la metodología y ha ido progresivamente actualizada para ampliar la información y profundizar en cada una de los criterios. (Ceequal, 2020).

Los objetivos de esta metodología son:

- √ Crear un clima de conciencia de sostenibilidad y de mejora continua en la profesión e industria.
- √ Promover la importancia de establecer y entregar una estrategia impulsada por la sostenibilidad para el proyecto o contrato que está siendo evaluado.
- √ Promover un mejor desempeño de la sostenibilidad en la estructuración, diseño y construcción de proyectos o contratos.
- √ Reconocer y promover el logro de un alto desempeño económico, ambiental y social en todas sus formas de obra civil, infraestructuras, paisajismo y obras de urbanismo.

La metodología establece 8 categorías para la evaluación de la sostenibilidad, en cada una de estas se encuentran diferentes tipos de problemas o actividades que hacen parte de los proyectos de obras civil, infraestructura, paisajismo y urbanismo, que puede ser calificada para determinar un grado de cumplimiento a la sostenibilidad a continuación, se relaciona cada una de estas:

Tabla 8

Criterios de evaluación metodología Ceequal.

CATEGORÍA	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
1. Administrativo	1.1 Liderazgo sostenible 1.2 Gestión ambiental 1.3 Gestión responsable de la construcción 1.4 Cadena de abastecimiento, gobernanza y personal. 1.5 Costo de vida
2. Resiliencia	2.1 Evaluación del riesgo y la mitigación 2.2 Escorrentía e Inundación 2.3 Necesidades futuras
3. Partes interesadas y comunidades	3.1 Compromiso y consulta 3.2 Beneficios sociales 3.3 Beneficios económicos
4. Uso del suelo y ecología	4.1 Uso del suelo y valor 4.2 Contaminación del suelo y remediación 4.3 Protección de la biodiversidad 4.4 Mejoramiento y cambio de la biodiversidad 4.5 Gestión de la biodiversidad a largo plazo
5. Paisaje y ambiente histórico	5.1 Paisaje e impacto visual 5.2 Bienes patrimoniales
6. Contaminación	6.1 Contaminación del agua 6.2 Contaminación del aire, ruido y lumínica
7. Recursos	7.1 Estrategia para la eficiencia de recursos 7.2 Reducción de emisiones de carbono 7.3 Impacto ambiental de los productos de construcción 7.4 Economía circular de los productos de construcción

CATEGORÍA	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
	7.5 Responsabilidad social de los productos de construcción 7.6 Gestión de residuos de construcción 7.7 Uso de energía 7.8 Uso de agua
8. Transporte	8.1 Redes de transporte 8.2 Logística de construcción

Fuente. Ceequal, 2020 y adaptado por los autores, 2022.

10.3 Greenroads

El sistema de calificación Greenroads® es una manera fácil de medir y administrar la sustentabilidad en proyectos de transporte. El sistema de calificación es la publicación central utilizada en el programa de calificación de proyectos, que desafía a los equipos de proyectos a ir más allá de las medidas mínimas de desempeño ambiental, social y económico y evalúa los proyectos a través de una revisión independiente, experta y de partes interesadas. (Greenroads, 2018).

Este sistema hace la evaluación de los proyectos por medio de 12 requerimientos obligatorios, 45 créditos voluntarios y 4 créditos voluntarios extra, con el fin de obtener al final de la evaluación un puntaje que determine lo sostenible que es una infraestructura vial, esta entidad entrega una certificación de acuerdo con el nivel obtenido, los certificados se identifican como bronce, plata, oro y evergreen.

A continuación, se relaciona los criterios de medición del sistema:

Tabla 9

Criterios de evaluación metodología Greenroads

CATEGORÍA	CRITERIO
1. Requerimientos del proyecto	PR-1 Análisis de impactos ecológicos PR-2 Huella de carbono y energía

CATEGORÍA	CRITERIO
	PR-3 Actividades de bajo impacto PR-4 Análisis de impactos sociales PR-5 Participación ciudadana PR-6 Análisis de costos de ciclo de vida PR-7 Control de calidad PR-8 Prevención de la contaminación PR-9 Administración del agua PR-10 Control de ruido e iluminación PR-11 Análisis de conflictos de utilidad PR-12 Administración activa
2. Agua y Ambiente	EW-1 Alineación preferida EW-2 Conectividad ecológica EW-3 Conservación del hábitat EW-4 Mejoras del uso del suelo EW-5 Calidad de la vegetación EW-6 Administración del suelo EW-7 Conservación del agua EW-8 Control de la escorrentía EW-9 Tratamiento mejorado: Metales EW-10 Tratamiento de aceite contaminado
3. Actividades Constructivas	CA-1 Excelencia ambiental CA-2 Seguridad y salud en el trabajo CA-3 Procesos de calidad CA-4 Eficiencia de equipamientos CA-5 Emisiones en el trabajo CA-6 Uso de agua en el trabajo CA-7 Construcción acelerada CA-8 Integridad de adquisiciones CA-9 Comunicación y divulgación CA-10 Mano de obra justa y calificada CA-11 Desarrollo económico local

CATEGORÍA	CRITERIO
4. Diseño y Materiales	MD-1 Reusó y preservación MD-2 Material recuperado y reciclaje MD-3 Declaración de productos ambientales MD-4 Declaración de productos saludables MD-5 Materiales locales MD-6 Diseño de larga vida
5. Controles y utilidades	UC-1 Actualización de servicios públicos UC-2 Atención a emergencias y mantenimiento UC-3 Infraestructura vehicular eléctrica UC-4 Eficiencia energética UC-5 Energía alternativa UC-6 Iluminación y control UC-7 Reducción de emisiones por tráfico UC-8 Reducción de tiempo de viaje
6. Habitabilidad y acceso	AL-1 Auditoria en seguridad AL-2 Mejoramiento en seguridad AL-3 Conectividad multimodal AL-4 Accesibilidad y equidad AL-5 Transporte activo AL-6 Análisis de impactos a la salud AL-7 Reducción lumínica y de ruido AL-8 Recreación y cultura AL-9 Historia y arqueología AL-10 Escenarios estéticos
7. Esfuerzo y creatividad	CE-1 Equipo de educación CE-2 Ideas innovadoras CE-3 Demostrar mejoras CE-4 Valores locales

Fuente. Greenroads, 2018 y adaptado por los autores, 2022

11. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

A continuación, se presenta la comparación de los criterios de las tres metodologías analizadas para este estudio. Es importante mencionar que esta comparación no abarca la forma de cuantificación del criterio de cada una de las metodologías.

Tabla 10

Tabla comparativa de las tres metodologías objeto de estudio

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
CALIDAD DE VIDA	1. Propósito	QL1.1 Mejorar la calidad de vida de la comunidad.
		QL1.2 Estimular el desarrollo y el crecimiento sostenibles.
		QL1.3 Desarrollar capacidades y destrezas locales.
	2. Bienestar	QL2.1 Mejorar la salud y la seguridad públicas.
		QL2.2 Minimizar el ruido y las vibraciones.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
1. Administrativo	1.1 Liderazgo sostenible
	1.2 Gestión ambiental
	1.3 Gestión responsable de la construcción
	1.4 Cadena de abastecimiento, gobernanza y personal.
	1.5 Costo de vida

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
1. Requerimientos del proyecto	PR-1 Análisis de impactos ecológicos
	PR-2 Huella de carbono y energía
	PR-3 Actividades de bajo impacto
	PR-4 Análisis de impactos sociales
	PR-5 Participación ciudadana

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		QL2.3 Minimizar la contaminación lumínica.
		QL2.4 Mejorar el acceso y la movilidad de la comunidad.
		QL2.5 Fomentar medios alternativos de transporte.
		QL2.6 Mejorar la accesibilidad, la seguridad y la señalización de las obras.
3. Comunidad		QL3.1 Preservar los recursos históricos y culturales.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
2. Resiliencia	2.1 Evaluación del riesgo y la mitigación
	2.2 Escorrentía e Inundación
	2.3 Necesidades futuras
3. Partes interesadas y comunidades	3.1 Compromiso y consulta
	3.2 Beneficios sociales

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	PR-6 Análisis de costos de ciclo de vida
	PR-7 Control de calidad
	PR-8 Prevención de la contaminación
	PR-9 Administración del agua
	PR-10 Control de ruido e iluminación

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		QL3.2 Preservar los paisajes y el carácter local.
		QL3.3 Mejorar el espacio público.
		QL0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.
MUNDO NATURAL	4. Emplazamiento	NW1.1 Preservar los hábitats de alto valor.
		NW1.2 Proteger los humedales y las aguas superficiales.
		NW1.3 Preservar las tierras de cultivo de alto valor ecológico.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
	3.3 Beneficios económicos
4. Uso del suelo y ecología	4.1 Uso del suelo y valor
	4.2 Contaminación del suelo y remediación
	4.3 Protección de la biodiversidad
	4.4 Mejoramiento y cambio de la biodiversidad
	4.5 Gestión de la biodiversidad a largo plazo

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	PR-11 Análisis de conflictos de utilidad
	PR-12 Administración activa
2. Agua y Ambiente	EW-1 Alineación preferida
	EW-2 Conectividad ecológica
	EW-3 Conservación del hábitat
	EW-4 Mejoras del uso del suelo

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		NW1.4 Evitar zonas de geología adversa.
		NW1.5 Preservar las funciones de la llanura aluvial.
		NW1.6 Evitar la construcción inadecuada en pendientes pronunciadas.
		NW1.7 Preservar los campos abiertos sin urbanizar.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
5. Paisaje y ambiente histórico	5.1 Paisaje e impacto visual
	5.2 Bienes patrimoniales
6. Contaminación	6.1 Contaminación del agua
	6.2 Contaminación del aire, ruido y lumínica
7. Recursos	7.1 Estrategia para la eficiencia de recursos

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	EW-5 Calidad de la vegetación
	EW-6 Administración del suelo
	EW-7 Conservación del agua
	EW-8 Control de la escorrentía
	EW-9 Tratamiento mejorado: Metales

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
	2. Suelo y Agua	NW2.1 Manejar las aguas pluviales.
		NW2.2 Reducir el impacto de pesticidas y fertilizantes.
		NW2.3 Prevenir la contaminación de las aguas superficiales y las subterráneas.
	3. Biodiversidad	NW3.1 Preservar la biodiversidad de las especies.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
	7.2 Reducción de emisiones de carbono
	7.3 Impacto ambiental de los productos de construcción
	7.4 Economía circular de los productos de construcción
	7.5 Responsabilidad social de los productos de construcción
	7.6 Gestión de residuos de construcción

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	EW-10 Tratamiento de aceite contaminado
3. Actividades Constructivas	CA-1 Excelencia ambiental
	CA-2 Seguridad y salud en el trabajo
	CA-3 Procesos de calidad
	CA-4 Eficiencia de equipamientos

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		NW3.2 Controlar las especies invasoras.
		NW3.3 Restaurar los suelos alterados.
		NW3.4 Preservar las funciones de los humedales y las aguas superficiales.
		NW0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito
LIDERAZGO	1. Colaboración	LD1.1 Proporcionar compromiso y liderazgo efectivos.
		LD1.2 Establecer un sistema para el manejo de la sostenibilidad.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR
	7.7 Uso de energía
	7.8 Uso de agua
8. Transporte	8.1 Redes de transporte
	8.2 Logística de construcción

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	CA-5 Emisiones en el trabajo
	CA-6 Uso de agua en el trabajo
	CA-7 Construcción acelerada
	CA-8 Integridad de adquisiciones
	CA-9 Comunicación y divulgación
	CA-10 Mano de obra justa y calificada

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		LD1.3 Promover la colaboración y el trabajo en equipo.
		LD1.4 Fomentar la participación de las partes interesadas.
	2. Administración	LD2.1 Buscar oportunidades de sinergia en los subproductos
		LD2.2 Mejorar la integración de las infraestructuras.
3. Planificación	LD3.1 Planificar la monitorización y el mantenimiento a largo plazo.	

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	CA-11 Desarrollo económico local
4. Diseño y Materiales	MD-1 Reusó y preservación
	MD-2 Material recuperado y reciclaje
	MD-3 Declaración de productos ambientales
	MD-4 Declaración de productos saludables

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
CLIMA Y RIESGO		LD3.2 Abordar reglamentos y políticas incompatibles
		LD3.3 Prolongar la vida útil.
		LD0.0 Innovar o Exceder los requisitos del crédito.
	1. Emisiones	CR1.1 Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
		CR1.2 Reducir las emisiones contaminantes atmosféricos.
		CR2.1 Evaluar las amenazas climáticas.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	MD-5 Materiales locales
	MD-6 Diseño de larga vida
5. Controles y utilidades	UC-1 Actualización de servicios públicos
	UC-2 Atención a emergencias y mantenimiento
	UC-3 Infraestructura vehicular eléctrica
	UC-4 Eficiencia energética

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
	2. Resiliencia	CR2.2 Evitar las trampas y las vulnerabilidades.
		CR2.3 Preparación para la adaptabilidad a largo plazo.
		CR2.4 Preparación para los riesgos a corto plazo.
		CR2.5 Manejar los efectos de las islas de calor.
		CR0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.
DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS	1. Materiales	RA1.1 Reducir la energía neta incorporada.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	UC-5 Energía alternativa
	UC-6 Iluminación y control
	UC-7 Reducción de emisiones por tráfico
	UC-8 Reducción de tiempo de viaje
6. Habitabilidad y acceso	AL-1 Auditoría en seguridad
	AL-2 Mejoramiento en seguridad

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		RA1.2 Apoyar prácticas de compra verde.
		RA1.3 Utilizar materiales reciclados.
		RA1.4 Utilizar materiales de la región.
		RA1.5 Desviar los desperdicios de los vertederos.
		RA1.6 Reducir el traslado de los materiales excavados.
		RA1.7 Facilitar la deconstrucción y el reciclaje.
		2. Energía

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	AL-3 Conectividad multimodal
	AL-4 Accesibilidad y equidad
	AL-5 Transporte activo
	AL-6 Análisis de impactos a la salud
	AL-7 Reducción lumínica y de ruido
	AL-8 Recreación y cultura
	AL-9 Historia y arqueología

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		RA2.2 Utilizar energía renovable.
		RA2.3 Controles de calidad técnicos independientes y monitorización de los sistemas energéticos.
	3. Agua	RA3.1 Proteger la disponibilidad de agua dulce.
		RA3.2 Reducir el consumo de agua potable.
		RA3.3 Monitorizar los sistemas de abastecimiento de agua.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO
	AL-10 Escenarios estéticos
7. Esfuerzo y creatividad	CE-1 Equipo de educación
	CE-2 Ideas innovadoras
	CE-3 Demostrar mejoras
	CE-4 Valores locales

ENVISION		
CATEGORIA	CRITERIO O CREDITOS	ACTIVIDAD
		RA0.0 Innovar o exceder los requisitos del crédito.

CEQUAAL	
CATEGORÍA A	PROBLEMA O ACTIVIDAD A EVALUAR

GREENROADS	
CATEGORÍA A	CRITERIO

Fuente. Envision, 2015; Ceequal, 2020; Greenroads, 2018 y adaptado por los autores, 2022.

Para la comparación se clasificó cada criterio por color de acuerdo con la siguiente tabla. La asignación dada a cada uno es por criterio de los autores del documento y puede ser interpretado de manera diferente por otras personas, no obstante, se analizó en concordancia a lo establecido en la descripción de cada metodología.

Tabla 11

Convenciones comparación de metodologías

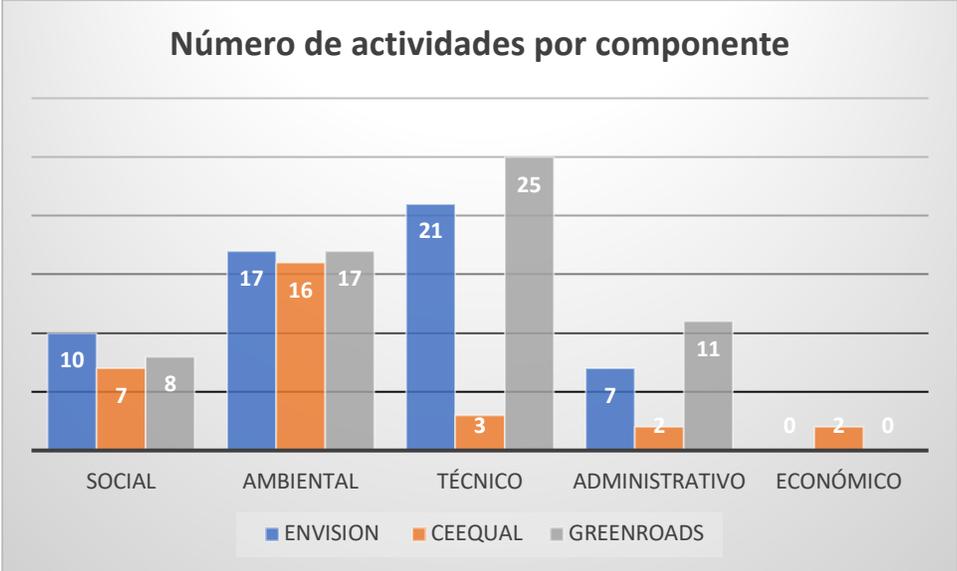
Social
Ambiental
Técnico
Administrativo
Económico

Fuente. Autores, 2022.

Teniendo en cuenta las metodologías comparadas, en la siguiente ilustración se presenta el número de actividades relacionadas por componente y/o área.

Ilustración 3

Número de actividades por componente de cada una de las metodologías comparadas

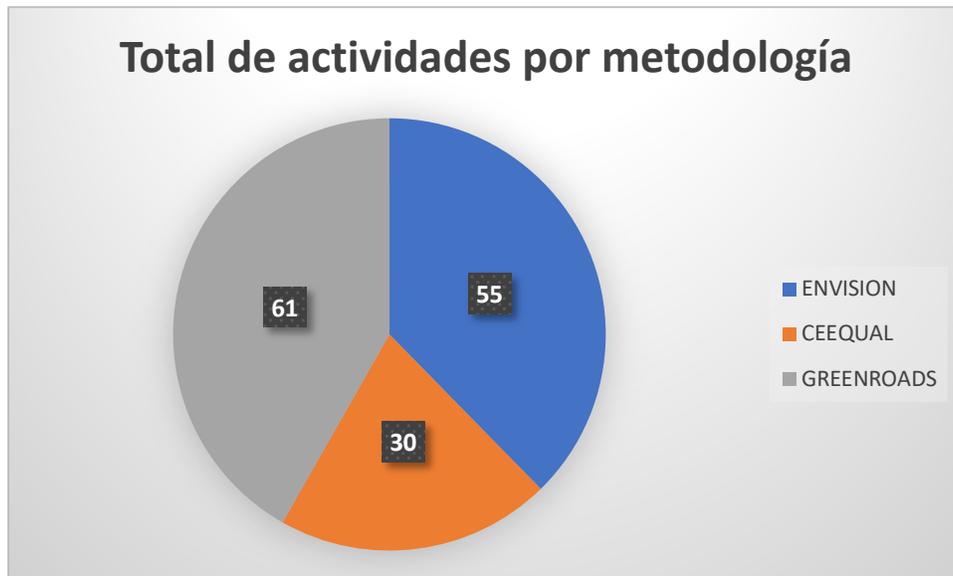


Fuente. Autores, 2022.

De lo anterior, se puede observar que la metodología Ceequal tiene actividades en cada uno de los componentes analizados. De igual forma, se puede detallar como el componente económico no es tan representativo en las tres metodologías haciendo énfasis en que Ceequal tiene dos actividades en este componente,

Ilustración 4

Total de actividades por metodología comparada



Fuente. Autores, 2022.

Este diagrama presenta el número total de actividades por cada una de las metodologías comparadas donde se puede apreciar que la metodología Greenroads contiene el mayor número de actividades a analizar con respecto a las otras dos metodologías comparadas.

12. ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Teniendo en cuenta las tres metodologías escogidas para el análisis Envision, Ceequal y Greenroads se presentan las siguientes similitudes más relevantes:

1. La metodología de Ceequal y Greenroads se basan en categorías y actividades.
2. Las tres metodologías incorporan dentro de sus sistema de evaluación los componentes ambiental, social y administrativo.
3. Las tres metodologías tienen un enfoque más representativo hacia el área ambiental.
4. Las metodologías de Envision y Greenroads no tienen una orientación marcada frente al área económica.
5. Las tres metodologías dentro de sus categorías de evaluación que son representados por actividades mezclan las áreas y/o enfoques para los que se evalúa cada categoría; es decir, en una sola categoría se puede ver representado los componentes ambiental, social y económico o administrativo.
6. Las tres metodologías estudiadas dan un peso más representativo al área ambiental que a las demás áreas a evaluar.
7. Las tres metodologías objeto de estudio están enmarcadas dentro de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible – ODS: **3**-Salud y bienestar, **5**-Igualdad de género, **7**-Energía asequible y no contaminable, **8**-Trabajo decente y crecimiento económico, **9**-Industria innovación e infraestructura, **12**-Producción y consumo responsable, **11**-Ciudades y comunidades sostenibles y **13**-Acción por el clima.

De acuerdo a las metodologías de estudio se presenta a continuación, las diferencias que las caracterizan:

1. La metodología Envision presenta una gran diferencia respecto a las otras dos metodologías, puesto que está se divide en categorías, criterios y/o créditos y actividades.
2. La metodología Ceequal dentro de sus actividades a valorar si presenta el área económica dentro de su evaluación.
3. Las tres metodologías presentan un número diferente de categorías a evaluar, la metodología Envision tiene cinco (5) categorías que se desglosan en: calidad de vida, mundo natural, liderazgo, clima y riesgo y distribución de recursos. La Ceequal

valora ocho (8) categorías representadas así: administrativo, resiliencia, partes interesadas y comunidades, uso del suelo y ecología, paisaje y ambiente histórico, contaminación, recursos y transporte. Finalmente, la metodología Greenroads evalúa siete (7) categorías así: requerimientos del proyecto, agua y ambiente, actividades constructivas, diseño y materiales, controles y utilidades, habitabilidad y acceso y esfuerzo y creatividad.

4. La única metodología que tiene en cuenta dentro de sus actividades a valorar el patrimonio arqueológico es la Greenroads. Componente fundamental en el país para que un proyecto se desarrolle.

5. La metodología Greenroads es la única dentro de las tres metodologías que dentro de su análisis de evaluación contempla el proceso constructivo respecto al diseño y materiales. Esto al final hace que el proceso en general de construcción de una vía sea más eficiente pues involucra los insumos o materias primas que se requiere para su ejecución.

6. La metodología Greenroads dentro de sus criterios a evaluar contempla la seguridad y salud en el trabajo, que es un hito fundamental y de ley en Colombia para el desarrollo de cualquier actividad.

Como observación general y de acuerdo con el énfasis que se le quiere dar a este documento, el cual es la innovación, las tres metodologías no involucran actividades o ítems que impulsen a la innovación de una manera directa, hay actividades o criterios que para cumplirlos se requeriría de tecnologías nuevas o de bajo impacto, lo que puede llegar a considerarse innovador, pero en términos de la calificación para que sea más visible esa innovación sería bueno que las alternativas tuvieran un criterio específico enfocado a ese carácter.

13. RESULTADOS

13. 1 Descripción de la metodología de evaluación propuesta

En concordancia con el análisis realizado en el numeral anterior, se puede evidenciar que las metodologías están elaboradas para ser aplicadas en el proceso de construcción de infraestructura vial, por tal motivo y de acuerdo con la condición en la que se estructuran los proyectos en Colombia, donde se surten las etapas de pre factibilidad, factibilidad, estudios y diseños y construcción, la metodología propuesta va a determinar unos criterios para la tres primeras fases mencionadas y otros para la fase de construcción de los proyectos de infraestructura vial.

A continuación, se detalla cada uno de los criterios relacionados para cada etapa de construcción de un proyecto vial, es importante resaltar que a cada criterio se le definió un código de identificación para un manejo más sencillo de la metodología al momento de la evaluación, para el caso de la etapa de construcción el código se determinó de la siguiente manera:

Etapa (mayúscula) + Componente (minúscula) + Criterio (mayúscula) + #

Ejemplo: CmaS-1

ConstrucciónmedioambienteSuelo-1

13.1.1 Pre factibilidad y factibilidad.

PFF-1 Planificación de monitoreos y mantenimientos para el proyecto

Este criterio consiste en establecer los programas y recursos necesarios para garantizar el monitoreo para la protección ambiental del proyecto y mantenimiento de equipos y maquinaria para la vida útil del proyecto. En este punto, se debe relacionar cada una de las actividades que llevaran a cumplir en el futuro con este criterio a manera de pre factibilidad y factibilidad.

PFF-2 Identificación de necesidad de recursos naturales

Este criterio consiste en establecer la necesidad de aprovechamiento de los recursos naturales para la construcción de la vía, con el fin de definir estrategias de mitigación y

conservación del recurso impactado. Se debe relacionar los posibles requerimientos de aprovechamiento de recursos naturales (aprovechamiento forestal, concesión de aguas, levantamiento de veda, vertimientos).

13.1.2 Estudios y diseños.

La información que se va entregar en esta etapa consiste en la línea base de información proyectada para la vida útil del proyecto, es decir, se debe identificar los consumos y gastos para la fase de construcción y operación del proyecto vial.

ED-1 Balance hídrico

Este criterio consiste en determinar la demanda de recurso hídrico necesario para la construcción de la vía sin actividades de implementación de programas o equipos de ahorro y uso eficiente de agua, este criterio será línea base para la etapa de construcción de la vía. Se debe entregar el balance hídrico para el proyecto.

ED-2 Calidad aire

Con este criterio se pretende recolectar la información base de calidad de aire en la zona donde se va a desarrollar el proyecto vial, por medio de mediciones, modelaciones e información secundaria existente de Alcaldías, corporaciones autónomas, etc., se debe relacionar la información de calidad de aire disponible para el proyecto.

ED-3 Análisis ciclo de vida de los materiales de obra

Este criterio consiste en realizar el análisis de ciclo de vida desde la cuna hasta la puerta lo que quiere decir, que se haga desde la elaboración de los materiales y/o insumos para la construcción de la vía hasta su proceso constructivo. Esta información será línea base para el cumplimiento de varios criterios en la etapa de construcción. Se debe presentar el análisis del ciclo de vida para los materiales e insumos necesarios para el proyecto.

ED-4 Balance energético

Con este criterio se va a levantar la información base de consumo de energía sin ninguna alternativa o actividad de ahorro, por tal razón se debe proyectar los equipos, instalaciones físicas y consumos de combustibles para determinar la cantidad de energía requerida para el proyecto.

ED-5 Inversión sostenible

Con este criterio se debe establecer las actividades de implementación a la innovación identificadas para el proyecto, por lo que se debe plantear los estudios, programas, equipos susceptibles a inversión y que apunten a la sostenibilidad del proyecto.

ED-6 Identificación de alternativas de innovación

De acuerdo con la información existente en las entidades del estado, se debe establecer que tecnologías de innovación son susceptibles a implementar en el proyecto en la etapa de construcción, para el cumplimiento de este criterio se debe presentar información respecto a materiales, instalaciones y equipos que apunten a la innovación.

13.1.3 Construcción.

La información que se va elaborar en esta etapa consiste en el desarrollo de las alternativas a implementar para la etapa constructiva con el fin de que se pueda medir que tan sostenible es el proyecto, obra y/o actividad.

A continuación, se describe cada una de las actividades a evaluar dentro de la etapa de construcción de un proyecto vial:

13.1.3.1 Medio ambiente.

13.1.3.1.1 Suelo.

CmaS-1 Reducción de la contaminación del suelo y remediación

Se debe relacionar las actividades que permitan medir la afectación del suelo por derrames, vertimientos y residuos, para el caso donde se afecte una zona se debe mostrar la actividad de remediación donde se demuestre que el área afectada esta igual o mejor que al inicio.

CmaS-2 Reducción residuos sólidos a disposición final

Se debe relacionar la cantidad de residuos sólidos que fueron aprovechados en el proyecto por medio de actividades de reciclaje, compostaje y aprovechamiento en general, este ítem se puede comparar con la información base levantada en las fases previas del proyecto.

CmaS-3 Evitar zonas de geología adversa

Este criterio no aplica para todos los casos de ser así solo se indica que no procede para el proyecto, en caso contrario se debe relacionar las alternativas de diseño y estudios que se tendrán en cuenta para evitar zonas geológicamente inestables y que son un riesgo para el proyecto, esta alternativa debe cumplir con el criterio de ser viables y sostenibles en lo técnico, ambiental, social y económico.

CmaS-4 Recuperar los suelos alterados

Se debe recuperar la totalidad de los suelos afectados por la construcción de la vía, por medio de actividades de revegetalización, siembra, hidrosiembra, etc.; estas actividades se deben soportar con el resultado de la implementación de la actividad.

13.1.3.1.2 Agua.

CmaA-1 Uso razonable del recurso hídrico

Se debe llevar registro del consumo de agua para las diferentes actividades administrativas y constructivas del proyecto, donde por medio de la línea base levantada en las fases previas se puede demostrar una reducción en el uso del recurso.

CmaA-2 Conservación de las fuentes hídricas

Se deben establecer aquellas actividades de conservación de las fuentes hídricas del proyecto diferentes a las establecidas en las herramientas de seguimiento ambiental (P.A.G.A. o L.A.), limpieza de lechos rocosos, recolección de residuos, siembra de vegetación en la ronda de los ríos y quebradas entre otros.

CmaA-3 Manejo de vertimientos

Se debe relacionar los diferentes sistemas de tratamientos utilizados en el proyecto para el manejo de los vertimientos, los análisis de laboratorio para los vertimientos generados determinará el grado de cumplimiento del criterio.

CmaA-4 Huella hídrica

De acuerdo con la línea base determinada de consumo de agua en la fase anterior, se puede determinar la huella hídrica del proyecto donde se incluya trabajadores, maquinaria y equipo que generan huella del recurso, por tal motivo se debe determinar para cada actividad.

Cmaa-5 Preservar los sistemas lenticos

En este criterio se debe identificar los sistemas lenticos existentes en el área del proyecto y establecer actividades de conservación y protección de estos sistemas por medio de campañas de limpieza, siembra, educación ambiental y turismo responsable.

13.1.3.1.3 Aire.

Cmaa-1 Disminución de los GEI

Identificar las principales actividades que generan GEI e implementar alternativas para su disminución por medio de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente.

Cmaa-2 Huella de carbono

Elaborar la huella de carbono para las actividades constructivas, esto incluye equipos, personal, instalaciones y maquinaria para la construcción de la vía.

Cmaa-3 Reducir las emisiones contaminantes atmosféricas

Establecer actividades para la disminución de emisiones atmosféricas producto de manejo de materiales, plantas de asfalto, concreto y trituración, material particulado y transporte.

13.1.3.1.4 Ruido.

CmaR-1 Disminución de los decibeles generados

Implementar alternativas que permitan reducir los niveles de ruido generado por las actividades constructivas del proyecto en aras de tener una armonía en el entorno del proyecto. Se debe hacer un monitoreo de ruido para la verificación de los decibeles generados por el proyecto.

13.1.3.1.5 Flora.

CmaF-1 Conservar los hábitats de alto valor ecológico

Implementar mejoras en el diseño geométrico de la vía que permita preservar las áreas de importancia ecológica y que permita minimizar al máximo los impactos negativos que puedan repercutir en estos hábitats naturales.

CmaF-3 Garantizar las funciones y los servicios ecosistémicos

Se debe garantizar que las áreas de importancia ecosistémica se conserven en las mismas o mejores condiciones a las iniciales antes del proyecto. Para el cumplimiento de este criterio se deben establecer monitoreos de control y seguimiento.

CmaF-4 Paisaje e impacto visual

Se debe integrar las actividades constructivas con actividades de recuperación del paisaje afectado, estableciendo diseños paisajísticos para el corredor.

13.1.3.1.6 Fauna.

CmaFa-1 Proteger la biodiversidad de las especies

Se deben establecer actividades de protección de la biodiversidad, por medio de diseños de paso de fauna, campañas y educación ambiental para trabajadores y comunidad.

CmaFa-2 Conectividad ecológica

Propender por mantener la conectividad ecológica de las áreas donde se desarrolla el proyecto vial, por medio de infraestructura innovadora que se adapte a las condiciones del medio. Se debe relacionar toda la infraestructura propuesta.

13.1.3.1.7 Cambio climático.

CmaCc-1 Negocios verdes

Impulsar en los municipios negocios verdes en pro de la generación de empleo, productividad y crecimiento económico de la región. Se debe presentar la(s) propuesta(s) identificadas y su implementación.

CmaCc-2 Resiliencia

Establecer aquellas actividades que tiendan a medir la resiliencia de la comunidad aledaña al proyecto y como la construcción de la vía afecta el estilo de vida de la comunidad. Se debe relacionar toda la información que demuestre la resiliencia de la comunidad al proyecto.

CmaCc-3 Evaluar las amenazas climáticas

Identificar aquellas amenazas climáticas a las que se puede estar en riesgo en el área del proyecto como inundaciones, incendios, terremotos, crecientes súbitas, entre otras y establecer actividades para su control. Se debe entregar documento de evaluación de amenazas.

CmaCc-4 Reducción de emisiones de carbono

De acuerdo con la huella de carbono identificada en criterios anteriores, se debe establecer actividades para la reducción de las emisiones de carbono, producto de las actividades constructivas de la vía.

13.1.3.2 Social.

13.1.3.2.1 Gobernanza.

CsG-1 Proporcionar compromiso y liderazgo efectivo

Incentivar la implementación de una administración y un liderazgo sólido y confiable que permita que el proyecto cumpla con las metas de sostenibilidad propuestas.

CsG-2 Promover la colaboración y el trabajo en equipo

Lograr un compromiso significativo de todas las áreas y especialidades que intervienen en el proyecto orientados a mantener una comunicación fluida y articulada para garantizar que el trabajo y desarrollo de la obra se haga de una manera armónica que no impacte negativamente su ejecución.

CsG-3 Necesidades futuras

Fomentar la adaptabilidad de la comunidad a la construcción de la vía con el fin de garantizar su permanencia y aceptabilidad en el tiempo, para el cumplimiento de este criterio se debe hacer seguimiento a las opiniones de la comunidad aledaña al proyecto.

CsG-4 Generación de empleo

Hacer la contratación del personal de obra calificada y no calificada principalmente de los municipios aledaños al proyecto.

CsG-5 Promover el trabajo en equipo

Establecer actividades de integración entre todos los trabajadores con el fin de incentivar el trabajo en equipo por medio de diferentes retos para que pueda ser aplicado en el proyecto,

13.1.3.2.2 Comunidad.

CsCo-1 Equidad

Para el cumplimiento de este criterio es necesario relacionar el personal de mano calificada y no calificada del proyecto donde se puede evidenciar la contratación de hombres, mujeres y personas con discapacidad con los mismos beneficios para cada uno.

CsCo-2 No discriminación

Se debe promover una cultura no discriminatoria dentro del proyecto hacia personas negras, indígenas, LGTBIQ+ y de otra nacionalidad que trabaje en el proyecto.

CsCo-3 Mejora de la calidad de vida

Se debe evaluar las necesidades que presenta la comunidad aledaña al proyecto para así, aportar a la mejora de la calidad de vida de la comunidad del área de influencia directa del proyecto y a los colaboradores de la entidad ejecutora de la obra así como reducir los posibles impactos negativos que se puedan generar.

CsCo-4 Bienestar

Brindar a la comunidad del área de influencia directa del proyecto y a los colaboradores del constructor, iniciativas que mejoren sus condiciones físicas y mentales que le proporcionen un sentimiento de satisfacción y tranquilidad.

CsCo-5 Participación ciudadana

Se debe demostrar la participación de la comunidad en la estructuración y planteamiento de ideas para la construcción de la vía, de igual manera, en actividades de educación, impulso del comercio y la productividad.

13.1.3.2.3 Patrimonio cultural.

CsP-1 Garantizar los bienes patrimoniales

Identificar los sitios de interés histórico y arqueológico en el proyecto y establecer estrategias para la protección, esto puede ser con cambios en diseños, actividades de limpieza y protección de bienes, entre otras.

13.1.3.2.4 Cultura.

CsCu-1 Salvaguardar los recursos históricos y culturales

Proteger, conservar y reparar los lugares históricos y culturales importantes que se intercepten con la construcción del corredor vial. Allí se incluye los recursos arquitectónicos y arqueológicos de la nación.

De igual forma, se incentive la protección de las costumbres y tradiciones de cada zona para que generen un arraigo en la población. Se debe relacionar toda la documentación necesaria para el cumplimiento del criterio.

CsCu-2 Recreación y cultura

Realizar actividades de recreación y cultura con la comunidad aledaña al proyecto, donde se generen espacios de conversación, diversión e interacción entre todas las partes interesadas del proyecto.

CsCu-3 Desarrollo de proyectos productivos

Incentivar y adoptar un proyecto productivo de la zona, donde se pueda plantear estrategias o actividades que mejoren el producto comercializado, para este criterio se puede implementar nuevas tecnologías de innovación para el manejo de cultivos que sean sostenibles y rentables para la comunidad.

13.1.3.2.5 Gestión predial.

CsGP-1 Comunicación y divulgación

Se deben hacer campañas para la comunicación y divulgación de los requerimientos del proyecto a la comunidad que va a ser afectada por la adquisición de predios, con el fin de que no los tome por sorpresa. Se debe relacionar los documentos de divulgación y acuerdos con la comunidad.

CsGP-2 Buenas prácticas de adquisición

Se deben establecer actividades para la adquisición de predios cumpliendo con la normativa nacional, sin vulnerar derechos de la comunidad. Se debe relacionar los predios requeridos por los proyectos y los predios adquiridos.

13.1.3.2.6 Partes interesadas.

CsPa-1 Identificación de actores

Establecer cuáles son las partes interesadas que se van a ver involucradas dentro del desarrollo constructivo de la obra. Se identifican los actores para el proyecto, esto incluye comunidad, entidades, empresas, organizaciones, entre otros.

CsPa-2 Promover la participación de las partes interesadas

Fomentar espacios de participación para involucrar las partes interesadas en aras de tomar mejores decisiones y sugerencias que permitan el correcto desarrollo del proyecto y brinden oportunidades de mejora para el mismo. Se deben relacionar soportes de la participación ciudadana en el proyecto.

13.1.3.3 Financiero.

13.1.3.3.1 Prácticas de adquisición.

CfP-1 Impulsar la ecología industrial

Incentivar acciones que permitan la sinergia de los subproductos generados por la obra o por los actores identificados y que sirvan de materia prima y/o insumo para la incorporación en nuevos procesos de elaboración de nuevos productos o servicios dentro del proyecto o para otras empresas; con el fin de garantizar el cierre del ciclo de vida de los productos. Se debe relacionar los productos o actividades que cumplen con el criterio.

CfP-2 Utilizar materiales de la región

Identificar las empresas y/o proveedores en la región para que la compra de materiales se haga directamente con ellos, para el cumplimiento de este criterio se deben identificarlos proveedores de la zona y la gestión de compra. Se debe relacionar la lista de proveedores que cumplan con la normativa para la comercialización de los materiales.

CfP-3 Integridad de adquisiciones

Obtener materiales y equipos de fabricantes y proveedores que implementen prácticas sostenibles en sus productos¹; esta información debe ser documentada para su verificación.

CfP-4 Mano de obra justa y calificada

Se debe garantizar que la mano de obra contratada sea la idónea para el cargo y que cuente con experiencia, esto incluye que el pago para este personal sea justo en sentido de contar con todos los beneficios de ley, elementos de protección y herramientas para cumplir la labor asignada.

CfP-5 Gestión de la cadena de valor

Por medio del proyecto hacer gestión a la cadena de valor de actividades productivas del área de influencia del proyecto, con el fin de generar bienes y servicios a las empresas de la zona, se debe apoyar financieramente un proyecto.

13.1.3.3.2 Control financiero.

CfC-1 Análisis de costos del ciclo de vida del proyecto

Durante la fase inicial de planificación y diseño documentar el análisis de ciclo de vida del proyecto donde se demuestre como se va a incorporar elementos concebidos para prolongar la durabilidad, versatilidad y resiliencia del proyecto y el análisis de viabilidad costo – beneficio que permita un retorno económico razonable para el constructor. Se debe relacionar análisis de los costos de esas actividades identificadas.

CfC-2 Rendición de cuentas a las partes interesadas

Realizar rendición de cuentas a la comunidad de manera anual sobre avances del proyecto, inversión, generación de empleo, y demás temas importantes para la comunidad. Se debe relacionar los soportes de ejecución de las reuniones de rendición de cuentas.

13.1.3.3.3 Inversión.

CfI-1 Desarrollar capacidades y destrezas locales

Propender por medio de las diferentes especialidades que tiene el personal calificado de los proyectos para ampliar los conocimientos y habilidades de la comunidad para que ellos

¹ Tomado de Envision, 2015.

puedan formarse y desarrollarse. Se debe relacionar las actividades de capacitación a la comunidad.

Cfl-2 Desarrollo económico local

Impulsar por medio del proyecto el crecimiento económico de la región por medio de actividades que potencien los diferentes sectores (turismo, agro, hotelería, comida, entre otras). Se debe relacionar los sectores y entidades a las que se les implemento las actividades de crecimiento económico.

Cfl-3 Responsabilidad social

Establecer actividades de responsabilidad social con la comunidad aledaña al proyecto, impulsando el deporte, la educación ambiental, la sostenibilidad y le tecnología.

13.1.3.4 Técnico.

13.1.3.4.1 Materiales.

CtM-1 Prolongar la vida útil del proyecto

Establecer estrategias de diseño y uso de materiales que puedan prolongar la vida útil del proyecto por encima de los estándares establecidos en la norma técnica. Se debe relacionar información de materiales, equipos o diseños que puedan garantizar la vida útil de la vía.

CtM-2 Utilizar materiales reciclados

Se debe utilizar materiales reciclados para la construcción de la vía, por tal razón, se debe relacionar las cantidades y en donde se implementó el reuso de materiales.

CtM-3 Reutilización y aprovechamiento de los RCD

Se debe hacer reuso de materiales de demolición y excavación para la construcción de la vía, por tal motivo se debe relacionar las cantidades utilizadas en la obra y cuanto material se dejó de disponer en sitios de disposición.

13.1.3.4.2 Diseño.

CtD-1 Mejorar el acceso y la movilidad de la comunidad

Establecer diseños que garanticen un mejor acceso a la movilidad de la región y comunidad cercana al proyecto, cumpliendo con los estándares establecidos por la legislación Colombiana. Se debe relacionar los sitios donde se implementó el criterio.

CtD-2 Control de calidad

Demostrar por medio de estudios de laboratorios y sus resultados la calidad de la vía construida, donde se evidencie que cumple con los estándares establecidos en la legislación y anexos técnicos de las entidades. Se debe relacionar los estudios y resultados obtenidos.

CtD-3 Actualización de servicios públicos

Impulsar la actualización de los servicios públicos básicos necesarios de la comunidad aledaña al proyecto, estableciendo actividades de cambio de redes eléctricas, de acueducto y alcantarillado. Se debe relacionar los cambios realizados a los servicios públicos del área aledaña al proyecto.

CrD-4 Mejoras en el espacio público

Mejorar la habitabilidad de la comunidad aledaña de la obra mediante la construcción y/o mejoras a los espacios públicos del área de influencia directa del proyecto. Se debe relacionar las actividades implementadas para el criterio.

13.1.3.4.3 Innovación.

Ctl-1 Sistemas de monitoreo de aire

Instalar sistemas de monitoreo de calidad de aire en la zona del proyecto, con el fin de verificar las condiciones del aire durante la construcción de la vía, para la instalación de estos equipos se puede buscar convenios con entidades del estado o privados. La información obtenida puede servir para verificar los impactos generados por el proyecto en la calidad del aire.

Ctl-2 Reducir la energía neta incorporada

Por medio de alternativas para la generación de energía, se debe relacionar la cantidad de energía neta incorporada para la construcción de la vía y cuál fue el ahorro en relación con la energía eléctrica o de combustión necesaria.

Ctl-3 Demostrar mejoras

De acuerdo con lo implementado en equipos, maquinaria, transporte, materiales y diseños, se debe relacionar las mejoras que tiene el proyecto por la implementación de las actividades de innovación.

Ctl-4 Innovación en materiales de construcción

Relacionar los materiales de innovación utilizados o a utilizar en el proyecto para las actividades de construcción y que mantienen la calidad de la vía con el tiempo.

Ctl-5 Tecnologías de innovación

Identificar e implementar las tecnologías de innovación existentes en el país que permitan reducir el impacto generado por la construcción de la vía, estas tecnologías pueden ser para consumo de agua y energía, materiales, transporte, maquinaria y equipos; y todos lo que el consultor pueda identificar.

13.1.3.4.4 Seguridad vial.

CtSV-1 Reducción de tiempo de viaje

Disminuir los tiempos de viaje de la comunidad aledaña durante y después de la construcción de la vía, en el momento de la construcción es necesario que los tiempos de cierre sean los mínimos para no afectar a sectores del transporte. Se debe relacionar Peticiones, Quejas, Reclamos y Solicitudes -PQRS por tiempos de cierre o aumento del tiempo de viaje.

CtSV-2 Mejorar la seguridad y señalización de la obra

Propender por que la señalización de los frentes de obra siempre se encuentre bien señalizados y cumplan la normatividad vigente. Así mismo, se garantice que la velocidad máxima para transitar dentro de corredor vial está acorde con las señales instaladas o se busque alternativas que mejoren la seguridad vial.

De igual forma, se implementen alternativas que mejoren la seguridad física de los usuarios de la vía y a la comunidad aledaña. Se debe relacionar las actividades implementadas para el cumplimiento del criterio.

13.1.3.4.5 Transporte.

CtT-1 Incentivar nuevos medios de transporte

Implementar alternativas constructivas que permitan el uso de otros medios de transporte e incentivar su uso, ejemplo bicicletas, vehículos eléctricos, entre otros. Se debe relacionar las alternativas y campañas incentivas para el proyecto.

CtT-2 Disminuir el consumo de combustibles fósiles

Implementar equipos y maquinaria que tengan certificados de pocas emisiones atmosféricas, de igual manera utilizar vehículos híbridos, eléctricos y a gas natural para el transporte de trabajadores. Se debe relacionar la maquinaria y equipos utilizados con sus fichas técnicas.

13.1.3.4.6 Gestión del riesgo.

CtGR-1 Cumplimiento normativo

Demostrar el cumplimiento legal del proyecto en los componentes técnico, ambiental, social y arqueológico para el proyecto. Relacionar matriz legal del proyecto.

CtGR-2 Evaluar los riesgos del proyecto

Elaborar el plan de gestión de riesgo para el proyecto donde se pueda identificar los riesgos desde todos los componentes que hacen parte de la construcción de la vía.

CtGR-3 Preparación para los riesgos a corto plazo

Elaborar documento donde se puedan establecer las actividades necesarias para la preparación ante una emergencia de acuerdo con la matriz de riesgo elaborada en el anterior criterio.

CtGR-4 Atención a emergencias y mantenimiento

Establecer las estrategias de atención a emergencias para todas las actividades constructivas del proyecto, en concordancia a lo evidenciado en la matriz de riesgos elaborada.

CtGR-5 Seguridad y salud en el trabajo

Garantizar que todo el personal del proyecto cuente con los elementos de protección personal para el desarrollo de las actividades, de igual manera, que cuenten con las

afiliaciones correspondientes a salud. Se debe relacionar el listado de empleados afiliados a salud, pensión y ARL.

CtGR-6 Análisis de impactos a la salud

Elaborar documento donde se relacione cada una de las afecciones de salud que han presentado los trabajadores en el tiempo de construcción del proyecto, anualmente se puede determinar la enfermedad persistente en los trabajadores y se deben tomar acciones para la mejora. Se debe relacionar las acciones realizadas para el cumplimiento del criterio.

CtGR-7 Cero pasivos ambientales

De acuerdo con los permisos ambientales se deben al finalizar el proyecto hacer el cierre de cada uno de los expedientes para no dejar pasivos ambientales, de igual manera, atender cualquier otro tipo de requerimiento que se produzca en la construcción de la vía y que genere aperturas de expedientes o procesos sancionatorios ante las entidades ambientales competentes.

13.1.3.4.7 Energía.

CtE-1 Reducir el consumo de energía

De acuerdo a la proyección del cálculo analizado del gasto energético que se utilizaría para el desarrollo y ejecución del proyecto, se debe reducir el consumo energético en un 51% al 2030, de acuerdo con el compromiso establecido por el Gobierno Nacional en el COP26 y ser carbono neutro para el 2050.

CtE-2 Implementar y utilizar energía renovable

Implementar equipos para la generación de energía renovable para la construcción de la vía, puede ser eólica, fotovoltaica o la que se considere puede aplicarse en la zona.

CtE-3 Disminuir la contaminación lumínica

Planear medidas para disminuir el excesivo resplandor de las luminarias usadas para la construcción de la vía y su operación y a su vez propender porque las luminarias sean energéticamente eficientes.

CtE-4 Eficiencia energética

Establecer actividades que propendan con el uso responsable de la energía con el fin de garantizar una eficiencia energética durante todo el proyecto, se debe relacionar las horas de uso de los diferentes equipos y/o maquinaria que requiera de energía eléctrica para su funcionamiento y su comparación si el uso fuera de 24 horas.

13.2. Criterios de evaluación

De acuerdo con lo mencionado en el anterior numeral, los criterios que se definen a continuación, están divididos en tres fases, pre factibilidad y factibilidad, estudios y diseños y construcción.

13.2.1. Pre factibilidad y factibilidad.

Tabla 12

Criterios de la metodología establecidos para la etapa de pre factibilidad y factibilidad

CRITERIO	ACTIVIDAD
Verificación preliminar	PFF-1 Planificación de monitoreos y mantenimiento para el proyecto.
	PFF-2 Identificación de necesidad de recursos naturales

Fuente. Autores, 2022.

13.2.2. Estudios y diseños.

Tabla 13

Criterios de la metodología establecidos para la etapa de estudios y diseños.

CRITERIO	ACTIVIDAD
Ciclo de vida	ED-1 Balance hídrico
	ED-2 Calidad de aire
	ED-3 Análisis ciclo de vida de los materiales de obra

CRITERIO	ACTIVIDAD
	ED-4 Balance energético
	ED-5 Inversión sostenible
	ED-6 Identificación de alternativas de innovación

Fuente. Autores, 2022.

13.2.3. Construcción.

Tabla 14

Criterios de la metodología establecidos para la etapa de construcción.

COMPONENTE	CRITERIO	ACTIVIDAD
MEDIO AMBIENTE	Suelo	CmaS-1 Reducción de la contaminación del suelo y remediación
		CmaS-2 Reducción residuos sólidos a disposición final
		CmaS-3 Evitar zonas de geología adversa
		CmaS-4 Recuperar los suelos alterados
	Agua	CmaA-1 Uso razonable del recurso hídrico
		CmaA-2 Conservación de las fuentes hídricas
		CmaA-3 Manejo de vertimientos
		CmaA-4 Huella hídrica
		CmaA-5 Preservar los sistemas lenticos
	Aire	Cmaa-1 Disminución de los GEI
		Cmaa-2 Huella de carbono
		Cmaa-3 Reducir las emisiones contaminantes atmosféricos
	Ruido	CmaR-1 Disminución de los decibeles generados
	Flora	CmaF-1 Conservar los hábitats de alto valor ecológico
		CmaF-2 Controlar las especies invasoras
		CmaF-3 Garantizar las funciones y los servicios ecosistémicos

COMPONENTE	CRITERIO	ACTIVIDAD	
		CmaF-4 Paisaje e impacto visual	
	Fauna	CmaFa-1 Proteger la biodiversidad de las especies	
		CmaFa-2 Conectividad ecológica	
	Cambio climático	CmaCc-1 Negocios verdes	
		CmaCc-2 Resiliencia	
		CmaCc-3 Evaluar las amenazas climáticas	
		CmaCc-4 Reducción de emisiones de carbono	
	SOCIAL	Gobernanza	CsG-1 Proporcionar compromiso y liderazgo efectivo
			CsG-2 Promover la colaboración y el trabajo en equipo
			CsG-3 Necesidades futuras
CsG-4 Generación de empleo			
CsG-5 Promover el trabajo en equipo			
Comunidad		CsCo-1 Equidad	
		CsCo-2 No discriminación	
		CsCo-3 Mejora de la calidad de vida	
		CsCo-4 Bienestar	
		CsCo-5 Participación ciudadana	
Patrimonio cultural		CsP-1 Garantizar los bienes patrimoniales	
Cultura		CsCu-1 Salvaguardar los recursos históricos y culturales	
		CsCu-2 Recreación y cultura	
		CsCu-3 Desarrollo de proyectos productivos	
Gestión predial		CsGP-1 Comunicación y divulgación	
		CsGP-2 Buenas prácticas de adquisición	
Partes interesadas		CsPa-1 Identificación de actores	
		CsPa-2 Promover la participación de las partes interesadas	
FINANCIERO		Prácticas de adquisición	CfP-1 Impulsar la ecología industrial
			CfP-2 Utilizar materiales de la región
	CfP-3 Integridad de adquisiciones		

COMPONENTE	CRITERIO	ACTIVIDAD	
		CfP-4 Mano de obra justa y calificada	
		CfP-5 Gestión de la cadena de valor	
	Control financiero	CfC-1 Análisis de costos del ciclo de vida del proyecto	
		CfC-2 Rendición de cuentas a las partes interesadas	
	Inversión	CfI-1 Desarrollar capacidades y destrezas locales	
		CfI-2 Desarrollo económico local	
		CfI-3 Responsabilidad social	
	TÉCNICO	Materiales	CtM-1 Prolongar la vida útil del proyecto
			CtM-2 Utilizar materiales reciclados
CtM-3 Reutilización y aprovechamiento de los RCD			
Diseño		CtD-1 Mejorar el acceso y la movilidad de la comunidad	
		CtD-2 Control de calidad	
		CtD-3 Actualización de servicios públicos	
Innovación		CtI-1 Sistemas de monitoreo de aire	
		CtI-2 Reducir la energía neta incorporada	
		CtI-3 Demostrar mejoras	
		CtI-4 Innovación en materiales de construcción	
		CtI-5 Tecnologías de innovación	
Seguridad vial		CtSV-1 Reducción de tiempo de viaje	
		CtSV-2 Mejorar la seguridad y señalización de la obra	
Transporte		CtT-1 Incentivar nuevos medios de transporte	
		CtT-2 Disminuir el consumo de combustibles fósiles	
Gestión del riesgo		CtGR-1 Cumplimiento normativo	
		CtGR-2 Evaluar los riesgos del proyecto	
		CtGR-3 Preparación para los riesgos a corto plazo	
		CtGR-4 Atención a emergencias y mantenimiento	
		CtGR-5 Seguridad y salud en el trabajo	
		CtGR-6 Análisis de impactos a la salud	
		CtGR-7 Cero pasivos ambientales	

COMPONENTE	CRITERIO	ACTIVIDAD
	Energía	CtE-1 Reducir el consumo de energía
		CtE-2 Implementar y utilizar energía renovable
		CtE-3 Disminuir la contaminación lumínica
		CtE-4 Eficiencia energética

Fuente. Autores, 2022.

13.3. Ponderación de evaluación

De acuerdo con lo mencionado en el numeral 13.1 donde se divide la metodología en las tres fases en las que se estructuran y desarrollan los proyectos en Colombia, la ponderación se hace manteniendo esta línea, por tal motivo se dará una calificación a cada etapa de tal manera que pueda ser medida de acuerdo con la etapa en desarrollo.

13.3.1. Ponderación Etapa de Pre factibilidad y Factibilidad.

Para estas etapas se determinó calificar el cumplimiento de las actividades enfocadas a la sostenibilidad con valores de cero (0) a dos (2) de acuerdo con lo descrito en la siguiente tabla, al ser una etapa de estructuración de proyectos no se establece porcentajes de cumplimiento.

Tabla 15

Calificación establecida para la etapa de pre factibilidad y factibilidad.

PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD	
PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
0	Cuando no se cumplió con ninguna de las actividades establecidas.
1	Cuando se hace una entrega parcial de las actividades solicitadas en la etapa.
2	Cuando se cumple con la verificación preliminar del proyecto y sus actividades.

Fuente. Autores, 2022.

En el caso que no se obtenga el puntaje máximo establecido en la tabla anterior, el proyecto puede seguir con la siguiente fase, pero se debe realizar las actividades faltantes en la etapa de estudios y diseños.

13.3.2. Ponderación Etapa de Estudios y Diseños.

Para esta etapa se determinó calificar el cumplimiento de las actividades enfocadas a la sostenibilidad con valores de cero (0) a tres (3), de acuerdo con el cumplimiento de las actividades como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16

Calificación establecida para la etapa de estudios y diseños.

ESTUDIOS Y DISEÑOS	
PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
0	Cuando no se realiza ninguna actividad de ciclo de vida asignada en la etapa.
1	Cuando solo se relaciona la información de dos (2) actividades asignadas en la etapa.
2	Cuando solo se relaciona la información de cuatro (4) actividades asignadas en la etapa.
3	Cuando se entrega la totalidad de las actividades asignadas en la etapa.

Fuente. Autores, 2022.

Para esta etapa se propone dar como cumplido el requisito si el puntaje obtenido es dos (2) o tres (3), de igual manera se deberá incluir la información faltante de ser el caso, que no se obtuvo en la fase de pre factibilidad y factibilidad.

13.3.3. Ponderación Etapa de Construcción y Operación.

La ponderación definida para esta etapa se establece de acuerdo con el cumplimiento de las actividades establecidos, en total 78 actividades divididas en 23 criterios de calificación,

donde uno (1) es el puntaje más bajo de implementación de sostenibilidad y cinco (5) el puntaje más alto, a continuación se relacionan los valores y sus ponderaciones:

Tabla 17

Calificación establecida para la etapa de construcción y operación.

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN	
PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
1	Cuando se desarrollan menor o igual a 7 actividades en la etapa. Correspondiente al 10% de los criterios aplicados
2	Cuando se desarrollan menor o igual a 23 actividades en la etapa. Correspondiente al 30% de los criterios aplicados
3	Cuando se desarrollan menor o igual a 46 actividades en la etapa. Correspondiente al 60% de los criterios aplicados
4	Cuando se desarrollan menor o igual a 62 actividades en la etapa. Correspondiente al 80% de los criterios aplicados.
5	Cuando se desarrollan la totalidad de los criterios establecidos en la etapa.

Fuente. Autores, 2022.

A consideración de los autores, un proyecto cumple con argumentos para ser SOSTENIBLE si recibe una puntuación de cuatro (4) o cinco (5), estableciendo como meta mínima un 80% de aplicabilidad de actividades sostenibles en la construcción de la vía.

14. DISCUSIÓN

Para desarrollar esta propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial en Colombia, se tuvo en cuenta todos los aspectos más relevantes que se presentan al momento de estructurar y construir una vía en el país; los aspectos ambientales como la geografía, el suelo, la altura, el ecosistema, la fauna y flora, son componentes trascendentes para el país por su diversidad generando un análisis específico para cada proyecto, en cuanto a lo social, se puede decir que de igual manera Colombia cuenta con culturas y costumbres muy diferentes para cada región, historias y mitos que son parte fundamental del crecimiento por generaciones en cada cultura lo que significa diferentes maneras de relacionarse con la comunidad lo que convierte a los proyectos en algo aún más desafiante; desde lo técnico, el diseño de las vías son un reto cada vez mayor, a medida que hay nuevas tecnologías y avance en materiales se proyectan vías de mayor complejidad que hace algunos años no era viable construir, y al contar el país con una geografía diferente en cada kilómetro lo hace aún más complejo, y finalmente en cuanto a lo económico, la construcción de vías genera empleo en regiones y zonas donde la comunidad solo se dedicaba a la agricultura, pastoreo y otras actividades, que con la construcción de la vía ven un cambio en su forma de vivir y de progresar; es por lo anterior, que la estructuración de proyectos en el país es un proceso de tiempo y de trámites que consideramos positivo para recopilar la información necesaria base de sostenibilidad para cada proyecto específico.

Desde el punto de vista de las metodologías desarrolladas a nivel mundial, como se mencionó en el numeral 8.1, cada una tiene su particularidad y muy posiblemente fue creada bajo el mismo pensamiento con el que hoy proponemos esta metodología, pero si hay algo en común que se pudo evidenciar en las tres (3) metodologías comparadas y es que algunos de los componente (ambiental, social, económico y técnico) no está desarrollado completamente, situación que a nivel de Europa y Estados Unidos puede ser relevante pero para nuestro caso consideramos que no dada la diversidad de características que tienen los proyectos viales en Colombia, es por lo anteriormente mencionado que proponemos una metodología que se desarrolla primero pensando en ¿cómo se estructuran los proyectos en Colombia?, ¿cómo es el comportamiento ambiental en Colombia?, ¿cómo son las culturas en cada región de Colombia?, ¿cómo integramos lo

ambiental, lo social, lo económico y lo técnico para convertir la vía normal en una vía sostenible? y ¿Cómo se puede diseñar una vía integrando todos los componentes en Colombia?; por consiguiente nuestra propuesta está planteada por fases y se mencionan tal cual se estructuran los proyectos a nivel nacional, se divide en pre factibilidad y factibilidad, estudios y diseños, y construcción y operación, desde este punto ya encontramos que una diferencia marcada respecto a las metodologías base de la investigación, es que estas fueron elaboradas para medir la sostenibilidad en proyectos en construcción o construidos; consideramos que para el contexto de Colombia y de cualquier país es necesario medir criterios en cada etapa tal y como se estructuran los proyectos en el país, de igual manera, si se planteara la metodología acá propuesta igual que las de referencia, se volvería el proceso un check list con datos que no aplicarían en su mayoría; lo que sería poco eficiente para los estructuradores y profesionales involucrados; las primeras dos fases de la metodología planteada establece criterios para el levantamiento de información base del proyecto, donde al final se puede evidenciar el potencial de sostenible que puede llegar a tener un proyecto vial. Esta base de información es el punto de comparación para la fase de construcción y que determinará qué tan sostenible es la vía y para la fase de construcción se plantearon criterios que se desarrollan durante y después de construida la vía, estos criterios abarcan todos los componentes mencionados y se hace énfasis en el tema de innovación, que es otro de los aspectos que no se ve claramente involucrado en las metodologías base de la investigación; la metodología acá propuesta establece un total de 78 actividades dividida en 23 evaluando condiciones específicas que se presentan en los proyectos a nivel nacional, sin desconocer la gran variedad de ecosistemas y culturas que hay en el país.

En cuanto a la ponderación se elaboró también, por etapas, y se dio una calificación específica a cada una. Para las dos primeras (prefactibilidad-factibilidad y estudios y diseños) se establece una descripción de cumplimiento de actividades base. En cuanto a la fase de construcción y operación se calificó de acuerdo con el cumplimiento de actividades y criterios que se representa en porcentaje por lo que es más estricto para llegar a la meta deseada.

De acuerdo con nuestro criterio una vía es sostenible cuando logra integrar todos los componentes de tal manera que la vía no sea solo eso una vía, sino al contrario sea un corredor donde el usuario pueda evidenciar culturas, razas, protección, respeto y

crecimiento económico de una manera sostenible, de igual manera, se pensó en que cada una de las actividades apunten a esa integralidad de los componentes sin importar el criterio evaluado, en tal sentido consideramos que una vía es sostenible cuando cumple con el 80% de las actividades planteadas en la metodología, lo que representa un mínimo de 62 actividades, siendo una meta ambiciosa para los estructuradores y constructores de los proyectos, resaltando que para el énfasis de esta investigación, se deberán implementar las actividades establecidas en el criterio de innovación.

Por otro lado para esta metodología se tuvieron en cuenta los ODS con el fin de dar cumplimiento a las metas establecidas por la nación en el marco del cambio climático y la neutralidad de carbono para el año 2050. Los ODS se pueden evidenciar en las siguientes actividades:

Tabla 18

Correlación de los criterios y actividades con los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS

CRITERIO	ACTIVIDAD	ODS
Comunidad	CsCo-4 Bienestar	
Gestión del riesgo	CtGR-5 Seguridad y salud en el trabajo	
Comunidad	CsCo-1 Equidad	
Agua	CmaA-2 Conservación de las fuentes hídricas	
	CmaA-3 Manejo de vertimientos	
	CmaA-5 Preservar los sistemas lentos.	
Energía	CtE-2 Implementar y utilizar energía renovable	
	CtE-4 Eficiencia energética	
Innovación	Ctl-2 Reducir la energía neta incorporada	

CRITERIO	ACTIVIDAD	ODS
Gobernanza	CsG-4 Generación de empleo	
Cultura	CsCu-3 Desarrollo de proyectos productivos	
Prácticas de adquisición	CfP-1 Impulsar la ecología industrial	
	CfP-2 Utilizar materiales de la región	
	CfP-4 Mano de obra justa y calificada	
Inversión	Cfl-2 Desarrollo económico local	
Prácticas de adquisición	CfP-1 Impulsar la ecología industrial	
Diseño	CtD-1 Mejorar el acceso y la movilidad de la comunidad	
Innovación	Ctl-1 Sistemas de monitoreo de aire	
	Ctl-3 Demostrar mejoras	
	Ctl-5 Tecnologías de innovación	
Gobernanza	CsG-2 Promover la colaboración y el trabajo en equipo	
Comunidad	CsCo-2 No discriminación	
	CsCo-5 Participación ciudadana	
Cultura	CsCu-1 Salvaguardar los recursos históricos y culturales	
Gestión predial	CsGP-2 Buenas prácticas de adquisición	
Cambio climático	CmaCc-1 Negocios verdes	
	CmaCc-2 Resiliencia	
Diseño	CtD-3 Actualización de servicios públicos	
	CtD-4 Mejoras en el espacio público	
Transporte	CtT-1 Incentivar nuevos medios de transporte	
Energía	CtE-2 Implementar y utilizar energía renovable	
Cambio climático	CmaCc-1 Negocios verdes	

CRITERIO	ACTIVIDAD	ODS	
Prácticas de adquisición	CfP-5 Gestión de la cadena de valor		
Suelo	CmaS-1 Reducción de la contaminación del suelo y remediación		
	CmaS-2 Reducción residuos sólidos a disposición final		
Agua	CmaA-2 Conservación de las fuentes hídricas		
Aire	Cmaa-1 Disminución de los GEI		
	Cmaa-2 Huella de carbono		
	Cmaa-3 Reducir las emisiones contaminantes atmosféricos		
Cambio climático	CmaCc-3 Evaluar las amenazas climáticas		
	CmaCc-4 Reducción de emisiones de carbono		
Suelo	CmaS-4 Recuperar los suelos alterados		
Flora	CmaF-1 Conservar los hábitats de alto valor ecológico		
	CmaF-3 Garantizar las funciones y los servicios ecosistémicos		
	CmaF-4 Paisaje e impacto visual		
Fauna	CmaFa-1 Proteger la biodiversidad de las especies		
	CmaFa-2 Conectividad ecológica		

Fuente. Autores, 2022.

De acuerdo con el cuadro anterior, la metodología propuesta está apuntando al cumplimiento de 11 objetivos de desarrollo sostenible de 17, lo que representa un aporte importante a las metas establecidas por el país, este aspecto es otro diferencial con el que

cuenta la metodología propuesta y que la posiciona en la situación actual de cambio mundial.

Por ultimo cada uno de los criterios y actividades planteados para cada una de las fases están diseñados para que se puedan medir y cumplir, por lo que la metodología a pesar de ser extensa, si representa una herramienta que puede dar las garantías para establecer que un proyecto puede considerarse sostenible.

15. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica realizada se puede concluir que hasta el 22 de junio de 2022 se contaba únicamente con metodologías para el sector vial extranjeras que sirven de modelo para medir y cuantificar el grado de sostenibilidad de un proyecto.

La metodología con más criterios y/o categorías de análisis es la metodología Greenroads la cual permite tener una mejor perspectiva de la medición de la sostenibilidad.

El Instituto Nacional de Vías viene aportando como pionero en el país la innovación de materiales y equipos que permiten ampliar la forma de construir carreteras en Colombia generando reducción en costos y alargando la vida útil de los proyectos viales, esto por medio de las ruedas de innovación realizadas anualmente.

La metodología propuesta en este estudio permite medir las condiciones físico-bióticas, sociales, culturales, económicas y técnicas de los proyectos de infraestructura vial en el país aportando una integralidad de todas las áreas y partes interesadas las cuales forman parte de un proyecto vial y que permiten cuantificar el grado de sostenibilidad particular en cualquier parte del país.

Este estudio puede servir de base para futuras propuestas y/o mejoras de medición de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura vial, lo que permita que la construcción de carreteras se haga de forma articulada entre todas las partes que componen un proyecto y a su vez en el tiempo brinden un equilibrio sistémico para ser 100% sostenibles.

La metodología propuesta fue elaborada con el fin de evaluar la sostenibilidad para cada una de las fases que componen la estructuración de los proyectos viales en Colombia, dando como resultado la evaluación en la etapa de prefactibilidad y factibilidad 1 criterios y 2 actividades, en estudios y diseños 1 criterio y 6 actividades y en la etapa de construcción 23 criterios y 78 actividades.

Este documento permite alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible – ODS en aras de alcanzar y mejorar la construcción de carreteras en el país aportando un instrumento de seguimiento y control para la medición de la sostenibilidad.

16. RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar la metodología elaborada por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS la cual fue emitida el 22 de junio de 2022 bajo la Resolución 2129.

Se recomienda tener en cuenta los lineamientos de infraestructura verde vial al momento de ejecutar y desarrollar un proyecto carretero, ya que, también permiten dar un enfoque de sostenibilidad a la construcción vial.

Se recomienda que en caso de hacer uso de la metodología propuesta en este documento se complemente los criterios y actividades establecidos con indicadores y metas para el seguimiento y control de las entidades del estado.

17. REFERENCIAS

- Alam S., Kumar A., Dawes L., (2013). Life Cycle Analysis for Sustainability Assessment of Road Projects. Queensland University of Technology. Brisbane. Australia.
- Avellanada E., Castiblanco L., (2021). Guía Para Evaluar La Sostenibilidad En Proyectos Viales Adaptada A Las Condiciones De Biodiversidad Geográfica De Colombia. (Tesis de especialización). Universidad Santo Tomas. Bogotá D.C.
- Ballesteros C., Hurtado H., (2020). Implementación De Metodologías Para La Evaluación De La Sostenibilidad En Los Procesos Constructivos Viales. (Tesis de especialización). Universidad Santo Tomas. Tunja.
- Barón A., (2020). Criterios De Sostenibilidad Aplicables A La Gestión De Proyectos Viales De Orden Terciario Basado En Las Guías De Sostenibilidad A Nivel Nacional E Internacional. (Tesis de especialista). Fundación Universidad de América. Bogotá D.C.
- BID, (2013). Infraestructura Sostenible para la Competitividad y el Crecimiento Inclusivo. Banco Interamericano de Desarrollo. Infraestructura y Medio Ambiente. Washington D.C. EE.UU.
- Carrillo M., (2018). Sostenibilidad y Resiliencia de las Infraestructuras: Una visión operativa desde el mundo de la ingeniería, de los negocios y del cambio climático. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. España.
- Cámara Colombiana de Infraestructura (2021). Concesiones de Colombia: Un Recorrido a Fondo. Revista Infraestructura & Desarrollo. Cámara Colombiana de Infraestructura. Bogotá. Edición 98. Abril de 2021.
- Ceequal (2020). CEEQUAL Technical Manual -UK & Ireland Projects. Bre Group. UK & Ireland.
- Consejo Internacional para las iniciativas Ambientales Locales (ICLEI). (2005). Documentos institucionales. Documento en línea. Disponible en: http://www.iclei.org/documents/LACS/AL21mandato_act.pdf. Consulta: 28/01/2008.
- COP26 (2021). Al cierre de la COP26, Colombia pidió mercados de carbono con integridad social y ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C. tomado <https://www.minambiente.gov.co/cop26/colombia-pidio-mercados-de-carbono-con-integridad-social-y-ambiental/>
- Cruz M., Klein A., Steiner V., (2016). Sustainability Assessment Of Road Marking Systems.

- 6th Transport Research Arena. Volumen 14. Pág. 869-875.
- Díaz J., Jato D., Alsulami B., Castro D., (2016). Evaluation Of Existing Sustainable Infrastructure Rating Systems For Their Application In Developing Countries. Ecological Indicators. Volumen 71. Pág. 491-502.
- Envision (2015). Sistema de Calificación de Infraestructuras Sostenibles. Institute for Sustainable Infrastructure. Spanish Version. Washington DC. United States.
- Fathollahi A., Coupe S., (2021). Life Cycle Assessment (LCA) And Life Cycle Costing (LCC) Of Road Drainage Systems For Sustainability Evaluation: Quantifying The Contribution Of Different Life Cycle Phases. Science of the Total Environment. Volumen 776.
- Fernández R., Martín-Portugues C., Guedella E., (2016). Life Cycle Engineering For Roads (LCE4ROADS). The New Sustainability Certification System For Roads From The LCE4ROADS FP7 Project. 6th Transport Research Arena. Volumen 14. Pág. 896-905.
- Gerson Javier Pérez (2005). “La Infraestructura Del Transporte Vial Y La Movilización De Carga En Colombia”. Banco de la Republica.
- Greenroads (2018). Greenroads Rating System. Sustainable Transport Council. United States. Tomado de <https://www.greenroads.org/2286/who-we-are.html>
- González J. (2015). Proyectos De Infraestructura Vial En Colombia: Aplicabilidad De Los Sistemas De Certificación Sostenible. (Tesis de maestría). Universidad de los Andes. Bogotá D.C.
- Hák, T, B.M. Moldan y A. Lyon Dahl, eds. (2007) Sustainability Indicators. A scientific Assessment, Scope 67. Island Press
- INVIAS, (2019). Política de Sostenibilidad para la Infraestructura de Transporte del Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Bogotá D.C. Colombia.
- INVIAS (2020). Ruedas de innovación y sostenibilidad del INVIAS. Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Bogotá. Colombia. Tomado de <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3978-ruedas-de-innovacion-y-sostenibilidad-del-invias>
- INVIAS, (2012). Objetivos y funciones. Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Bogotá D.C. Colombia. Tomado de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/objetivos-y-funciones>

INVIAS (2020). Informe de preselección de nuevas tecnologías, 1ª, 2ª y 3ra Ruedas de Innovación y Sostenibilidad. Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Bogotá D.C. Colombia.

INVIAS (2022). Respuesta solicitud de información Ruedas de innovación. Instituto Nacional de Vías – INVIAS, Bogotá. Colombia.

Mattinzioli T., Sol-Sánchez M., Martínez G., M. Rubio-Gómez (2020). A Critical Review Of Roadway Sustainable Rating Systems. Sustainable Cities and Society. Volumen 63.

MinAmbiente (2019). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad. Ministerio de Ambiente. Tomado de <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#:~:text=de%20la%20Biodiversidad-Colombia%2C%20el%20segundo%20pa%C3%ADs%20m%C3%A1s%20biodiverso%20del%20mundo%2C%20celebra%20el,D%C3%ADa%20Mundial%20de%20la%20Biodiversidad&text=Con%20m%C3%A1s%20de%2050.000%20especies,a%20nivel%20mundial%20en%20biodiversidad.>

MinAmbiente (2020). Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia (LIVV). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C.

Montgomery R., Schirmer H., Hirsh A., (2015). Mejorando la Sostenibilidad Ambiental en Proyectos Viales. Banco Mundial.

Muench S., Anderson J., Bevan T., (2010). Green Roads. A Sustainability Rating System of Roadways. Technical Paper. Volumen 3. Pág. 270-279.

La República (2021). En 15 proyectos de obras viales el Gobierno hará una inversión de hasta \$42 billones. Ministra de Transporte. Revista La Republica. Tomado de <https://www.larepublica.co/especiales/megaconstrucciones/en-15-proyectos-de-infraestructura-vial-el-gobierno-nacional-invertira-42-billones-3131433>

ODINSA (2021), Odinsa contribuye a la meta del Acuerdo de París de evitar un aumento de la temperatura global mayor a 1.5°C, Grupo Argos. Tomado de <https://www.odinsa.com/sala-de-prensa/comunicados/2021/03/26/odinsa-contribuye-a-la-meta-del-acuerdo-de-paris-de-evitar-un-aumento-de-la-temperatura-global-mayor-a-1-5c/>

- Ordoñez M., Meneses S., (2015). Criterios e Indicadores de Sostenibilidad en el Subsector Vial. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Volumen 25. Número 2. Pág. 81-99.
- Pardo Juan Camilo, (2021). Infraestructura vial en 2021: Una recuperación dispar. Croficolombia. Bogotá D.C. tomado de <https://www.investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/Informe-sectorial-infraestructura.pdf/be25f785-95ed-f163-fded-93ae6aa3a9cb>
- Pachón y Ramírez, (2005). “Desarrollo De La Infraestructura De Transporte En La Segunda Mitad Del Siglo XX”.
- Polanco J., Palomino A., Zapata D., Ramírez J., Valencia V., (2014). Infraestructura Vial Para La Sostenibilidad Del Desarrollo Económico En Colombia. Un Diagnóstico De La Gestión Territorial Del Proyecto De Conexión Vial Aburrá-Cauca. Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad. Volumen 10. Pág. 200-225.
- Radio Santa fé (2021). Construcción de infraestructura vial contribuyó con el crecimiento del PIB en Colombia’: Ministra de Transporte. Bogotá. Tomado de <https://www.radiosantafe.com/2021/08/19/construccion-de-infraestructura-vial-contribuyo-con-el-crecimiento-del-pib-en-colombia-ministra-de-transporte/>
- Rangel J. (2015). La Biodiversidad de Colombia: Significado y Distribución Regional. Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen 39. Pág. 176-200.
- Rao Y., Zhang J., Xu Q., Wang S., (2018). Sustainability Assessment of Road Networks: A New Perspective Based On Service Ability And Landscape Connectivity. Sustainable Cities and Society. Volumen 40. Pág. 471-483.
- Sánchez N, (2007). El Marco Lógico. Metodología Para La Planificación, Seguimiento Y Evaluación De Proyectos.
- Schuschny A, Soto H., (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3661-guia-metodologica-diseno-indicadores-compuestos-desarrollo-sostenible>.
- Shen L., Hao J., Wing-Yan V., Yao H., (2010). A Checklist for Assessing Sustainability Performance Of Construction Projects. Journal of Civil Engineering and Management. Volumen 13. Pág. 273-281.
- Söderlund M, Muench S, Willoughby K, Uhlmeyer J y Weston J. (2008). Green Roads: A

Sustainability Rating System for Roadways. Trabajo presentado en la reunión anual de TRB, Washington DC, Estados Unidos. Recuperado de <https://trid.trb.org/view/847679>

- Song Y., Thatcher D., Li Q., Mchugh T., Wu P., (2021). Developing Sustainable Road Infrastructure Performance Indicators Using A Model-Driven Fuzzy Spatial Multi-Criteria Decision Making Method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volumen 138.
- Suprayoga G., Bakker M., Witte P., Spit T., (2020). A Systematic Review of Indicators to Assess the Sustainability of Road Infrastructure Projects. *European Transport Research Review*. Pág. 12-19.
- Thompson R., (2014). Guía Para La Implementación De Las Adecuadas Prácticas Empresariales En Gestión Ambiental Relacionada Con Las Obras De Infraestructura Vial En Colombia. *Sistema Sostenible Para Obras Viales*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.
- N Vilorio M., (2015). Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Yigitcanlar T., Dur F., (2010). Developing a Sustainability Assessment Model: The Sustainable Infrastructure, Land Use, Environment and Transport Model. *Sustainability*. Volumen 2. Pág. 321-340.

REFERENCIAS DEL GLOSARIO

ANI (sf). Quienes somos. Agencia Nacional de Infraestructura. Bogotá D.C. tomado de <https://www.ani.gov.co/informacion-de-la-ani/quienes-somos>

Aquae (sf). Los gases de efecto invernadero, muy peligrosos para nuestro planeta. Aquae Fundación. Madrid España. Tomado de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-gases-de-efecto-invernadero/>

Comunidad Madrid (2009). Residuos de construcción y demolición RCD. Comunidad de Madrid. Madrid. España. Tomado de <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/residuos-construccion-demolicion-rcd>

Corantioquia (2022). Concepto de Pasivo Ambiental y Criterios Mínimos para la jurisdicción de Corantioquia. Corporación Autónoma Regional de Antioquia. Medellín. Tomado de <https://www.corantioquia.gov.co/concepto-de-pasivo-ambiental-y-criterios-minimos-para-la-jurisdiccion-de-corantioquia/>

INVIAS (2012). Misión. Instituto Nacional de Vías. Bogotá D.C. Tomado de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/9-informacion-general/mision-y-vision>

INVIAS (2013) Glosario de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías. Bogotá D.C. tomado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/glosarios/1017-glosario-manual-diseno-geometrico-carretera/file>

Minambiente (sf). Licencia Ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C. Tomado de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/licenciamiento-ambiental/>

Pérez Julián (2018). Definición Categoría. Definiciones.De. Tomado <https://definicion.de/categoria/>

Significados (sf). Significado de criterio. Significado.com Tomado de <https://www.significados.com/criterio/>