

Revisión sistemática de los métodos y enfoques para cuantificar e identificar el impacto de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables.

Laura Rocio Carrero Mojica

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Profesor titular, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A Dios, por su presencia permanente en mi vida, por la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este proceso académico. Que este logro sea testimonio de Su gloria y bendición en mi vida.

A mis grandes amores, mi mamá y mi abuela, por su amor incondicional, su entrega constante y su apoyo incansable a lo largo de este camino. Gracias por creer en mí en todo momento y por ser ejemplo de fortaleza, perseverancia y paciencia. Todo lo que soy y todo lo que he logrado se lo debo a ustedes.

A Daniela mi hermana, por ser mi refugio y mi impulso constante. Su confianza en mí ha sido una fuente permanente de motivación; no imagino mi vida ni este logro sin su presencia.

A mi familia, por su amor y apoyo constante. De manera especial, a mis tíos Carlos y Rafael, quienes han sido una verdadera figura paterna en mi vida. A Carlos, por el cariño incondicional que siempre me ha brindado y que ocupa un lugar muy especial en mi corazón; y a Rafael, por ser mi ejemplo profesional y por despertar en mí el interés por esta carrera.

A mis amigos Edison y Jenny, por su amistad, su apoyo constante y por estar en cada etapa de este proceso, haciendo este camino más llevadero y significativo.

A mi abuela Aura y a mi tía Blanca, que me acompañan desde el cielo, con gratitud eterna por su amor y su guía en este camino.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, y en particular a la Escuela de Ingeniería Civil, por su compromiso con la formación académica y profesional, y por proporcionar los conocimientos y herramientas que hicieron posible la realización de este trabajo de grado.

A mi director de tesis, ingeniero y profesor Yerly Fabian Martínez Estupiñán por su guía constante, su disposición y su acompañamiento a lo largo de este proceso. Sus orientaciones, paciencia y valiosos aportes fueron fundamentales no solo para el desarrollo de este trabajo, sino también para mi crecimiento académico y profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. CUERPO DEL TRABAJO.....	16
2.1 Marco Referencial.....	16
2.1.1 Método.....	19
1.3.1 Búsqueda de la información	21
1.3.2 Criterios de selección y filtrado	23
1.3.3 Organización y estructura de los datos.....	24
1.3.4 Clasificación metodológica y enfoque de análisis	25
1.3.5 Síntesis y análisis comparativo	26
2.1.2 Resultados.....	30
3. CONCLUSIONES.....	56
4. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÉNDICES.....	65

Lista de Tablas

Tabla 1 - Metodología de la investigación – Fase 1	20
Tabla 2 - Metodología de la investigación – Fase 2	21
Tabla 3 - Metodología de la investigación – Fase 3	21
Tabla 4 - Protocolo de búsqueda bibliográfica.....	23
Tabla 5 - Proceso de identificación, filtrar y selección de estudios.	27
Tabla 6 - PRISMA	30
Tabla 7 - Conteo por tipo de efecto/impacto.....	32
Tabla 8 - Estudios con enfoque predominante Económico.....	33
Tabla 9 - Estudios con enfoque predominante Social	37
Tabla 10 - Estudios con enfoque predominante Ambiental.....	41
Tabla 11 - Comparación de métodos de evaluación de impacto por variables estructurales y contextuales	51

Lista de Figuras

Figura 1. Ecuaciones de Búsqueda.....22

Figura 2. Comparación Internacional de Enfoque de Métodos48

Lista de Apéndices

Apéndice 1 - Matriz de categorización.....65

Resumen

Título: Análisis documental de métodos y enfoques utilizados para evaluar el impacto de proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables*

Autor: Laura Rocio Carrero Mojica**

Palabras Clave: infraestructura vial; poblaciones vulnerables; evaluación de impactos; análisis documental; métodos multicriterio.

Descripción: El presente trabajo de investigación desarrolla un análisis documental y comparativo de los métodos y enfoques utilizados para evaluar el impacto de proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables, a partir de una revisión de literatura científica internacional. El estudio se basa en la identificación, filtrado y selección final de 44 artículos académicos, organizados mediante un esquema metodológico inspirado en PRISMA. Los enfoques analizados se clasifican según el tipo de impacto evaluado: económico, social y ambiental, y, de acuerdo con criterios metodológicos como escala de análisis, técnicas empleadas, tipo de datos y contexto de aplicación. Los resultados evidencian que los impactos económicos se evalúan principalmente mediante modelos de costos y enfoques multicriterio; los impactos sociales se concentran en accesibilidad, seguridad vial y equidad territorial, con un uso intensivo de sistemas de información geográfica; mientras que los impactos ambientales privilegian la modelación espacial del riesgo y la incorporación de escenarios climáticos. El análisis comparado muestra que la efectividad de los métodos depende en gran medida del contexto institucional, territorial y normativo, más que del diseño técnico en sí mismo. En particular, se identifican desafíos relevantes para América Latina y el Caribe, donde las limitaciones de gobernanza y disponibilidad de datos exigen procesos de adaptación metodológica concluyendo se esta forma y destacando la necesidad de avanzar hacia evaluaciones integrales, contextualizadas y orientadas a la sostenibilidad y la equidad territorial.

* Trabajo de Grado

** Facultad de ingenierías Fiscomecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Abstract

Title: Documentary Analysis of Methods and Approaches Used to Assess the Impact of Road Infrastructure Projects on Vulnerable Populations Documentary analysis of methods and approaches used to evaluate the impact of road infrastructure projects on vulnerable populations*

Author: Laura Rocio Carrero Mojica**

Keywords: road infrastructure; vulnerable populations; impact assessment; documentary analysis; multicriteria methods.

Description: This research paper develops a documentary and comparative analysis of the methods and approaches used to assess the impact of road infrastructure projects on vulnerable populations, based on a review of international scientific literature. The study is based on the identification, filtering, and final selection of 44 academic articles, organized according to a methodological framework inspired by PRISMA. The approaches analyzed are classified according to the type of impact evaluated—economic, social, and environmental—and according to methodological criteria such as scale of analysis, techniques employed, data type, and application context. The results show that economic impacts are primarily assessed using cost models and multi-criteria approaches; social impacts focus on accessibility, road safety, and territorial equity, with intensive use of geographic information systems, while environmental impacts prioritize spatial risk modeling and the incorporation of climate scenarios. The comparative analysis shows that the effectiveness of the methods depends largely on the institutional, territorial, and regulatory context, rather than on the technical design itself. Relevant challenges are identified for Latin America and the Caribbean, where governance limitations and data availability require methodological adaptation processes, thus concluding and highlighting the need to move toward comprehensive, contextualized evaluations oriented toward sustainability and territorial equity.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Reconocimiento de uso de inteligencia artificial

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron herramientas de inteligencia artificial como apoyo metodológico y de redacción. En particular, se emplearon las plataformas Perplexity, ChatGPT y QuillBot cada una con propósitos específicos.

Las herramientas Perplexity, ChatGPT, fueron utilizadas durante la etapa de revisión bibliográfica, específicamente para apoyar el proceso de filtrado y selección de documentos relevantes para la investigación, facilitando la identificación de documentos pertinentes y alineadas con los objetivos del estudio.

Por su parte, QuillBot fue empleada como una herramienta de apoyo en la mejora de la redacción, contribuyendo a la claridad, coherencia y corrección gramatical del texto, sin alterar el contenido técnico ni el aporte intelectual propio de los autores.

El uso de estas herramientas se realizó de manera responsable y ética, manteniendo en todo momento la autoría, el análisis crítico y la toma de decisiones académicas a cargo de los investigadores.

Introducción

La infraestructura vial constituye un componente central para el desarrollo económico y social del país, debido a que facilita la movilidad de personas y mercancías, reducir costos de transacción y ampliar el acceso a mercados y servicios. En América Latina y el Caribe, su provisión ha sido reconocida como un factor clave para la competitividad y la integración territorial; sin embargo, su insuficiencia y deficiente mantenimiento continúan generando restricciones estructurales al desarrollo, en especial en los territorios rurales y poblaciones vulnerables (CEPAL, 2025).

Aunque se evidencia que los proyectos viales también pueden generar externalidades negativas que, si no se identifican y gestionan desde etapas tempranas, erosionan los beneficios esperados y profundiza desigualdades, de acuerdo a los análisis regionales sobre el transporte, por carretera realizados se evidencia que, junto con la inversión y la expansión vial aún persisten impactos perjudiciales asociados al uso de la infraestructura, como siniestralidad y emisiones, lo que refuerza la necesidad de realizar las evaluaciones socioeconómicas y de una mejor disponibilidad de datos para la toma de decisiones (Chauvet, 2019). De esta forma, sobre la seguridad vial CEPAL (2005) advierte la magnitud de los costos sociales y económicos derivados de los siniestros enfatizando que el desempeño vial no depende solo de construir más, sino de planificar, diseñar y operar con diversos criterios de seguridad y sostenibilidad (CEPAL, La seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe: situación actual y desafíos, 2005).

Estos impactos tienden a distribuirse de forma desigual, lo que afecta con mayor intensidad a quienes enfrentan barreras estructurales y menor capacidad de adaptación, de este modo, en la seguridad vial, por ejemplo, se ha evidenciado que una proporción muy alta de desplazamientos de peatones y ciclistas ocurre en condiciones inseguras, lo que evidencia la

exposición diferencial de los usuarios vulnerables del sistema vial frente a las fallas de diseño y de gestión (DNP, 2023). Por otro lado, más allá de la seguridad, la literatura, sobre la infraestructura de transporte también ha demostrado que las intervenciones pueden reconfigurar economías y patrones de ocupación del territorio; en ciertos contextos, estas transformaciones pueden traducirse en desplazamientos, cambios distributivos y nuevas formas de exclusión sino existen salvaguardas y medidas de mitigación adecuadas (Findeter, 2024).

En Colombia, la infraestructura vial se ha mantenido como prioridad política pública por su vínculo con el cierre de brechas territoriales y el acceso a servicios, especialmente en zonas rurales, en donde El Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 incorpora esta orientación como parte de su hoja de ruta para promover equidad territorial y mejorar conectividad (DNP, 2023). Sin embargo, la estructura misma de la red y sus condiciones de mantenimiento reflejan desafíos persistentes, según el DNP (2023) y datos del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías (2024) la red vial total del país supera los 205.000 km, de los cuales cerca del 69% (aproximadamente) corresponde a vías terciarias que conectan zonas rurales e Inter veredales y solo una porción reducida de estas está pavimentada o en buen estado, lo que limita la integración económica y la resiliencia ante amenazas naturales, por ende, al evaluar impactos en poblaciones vulnerables no es un asunto accesorio, sino un requisito para asegurar que la infraestructura cumpla propósitos de desarrollo sin reproducir vulneraciones socioambientales.

De esta forma, la evaluación de los impactos de proyectos ha evolucionado hacia marcos que combinan métodos cuantitativos y cualitativos con un énfasis en la gestión de riesgos sociales, ambientales y de derechos. Los principios internacionales de la Evaluación de Impacto Social (EIS), que fomentan la participación, la transparencia y la atención a los efectos distributivos, se han consolidado en el campo de la evaluación social (Vanclay, 2003). Por otro

lado, a nivel global, la Agenda 2030 refuerza la necesidad de que la infraestructura contribuya a metas de sostenibilidad e inclusión, evitando comprometer la estabilidad social y ambiental de las comunidades y en el caso de los pueblos indígenas, los instrumentos como el Convenio 169 de la OIT establecen estándares sobre protección de derechos y consideración de afectaciones territoriales y culturales en intervenciones que incidan sobre sus modos de vida (United Nations General Assembly, 2015).

Pese a estos avances, persisten brechas metodológicas y de calidad en la práctica evaluativa, en especial, cuando se trata de capturar las dimensiones socioeconómicas y culturales en comunidades vulnerables y de asegurar consistencia entre métodos y escalas de valoración (International Labour Organization, 2025). Por ende, en el contexto colombiano, se ha reportado problemas asociados a la diversidad de métodos, inconsistencias metodológicas y sesgos derivados de escalas cualitativas poco claras en evaluaciones ambientales aplicadas a los proyectos de infraestructura y en paralelo, la investigación empírica sobre infraestructura de transporte ha mostrado que los resultados dependen críticamente del diseño del estudio, de la selección de variables y de la forma de atribución causal, lo que exige criterios explícitos para comparar enfoques y su pertinencia en distintos contextos (Viloria Villegas, Cadavid, & Awad, 2018)

Con base en lo anterior, en este trabajo de investigación se realizó una revisión de la literatura con el objetivo de responder a la pregunta: ¿Qué métodos y enfoques se han utilizado en la literatura para evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables? Para este fin, se recopilaron estudios académicos en español e inglés, artículos de investigación, documentos técnicos, entre otros, priorizando la evidencia empírica y la aplicabilidad metodológica, con el objetivo de categorizar los enfoques

por tipo de impacto, comparar su uso en contextos nacionales e internacionales, e identificar variables y criterios recurrentes. El resultado obtenido fue una matriz comparativa y un análisis crítico de tendencias y brechas, que servirán de base para fortalecer futuras evaluaciones de infraestructura vial con un enfoque en la equidad territorial y la protección de poblaciones vulnerables.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Analizar, los métodos y enfoques empleados en la evaluación del impacto de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables, considerando sus efectos económicos, sociales y ambientales.

1.2 Objetivos Específicos

- Revisar literatura académica en bases de datos científicas para recopilar estudios que empleen métodos de evaluación del impacto de proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables.
- Categorizar los enfoques metodológicos encontrados según el tipo de impacto evaluado y sus características de aplicación.
- Comparar los diferentes métodos identificados tanto en el contexto nacional como internacional para identificar las variables que más influyen en cada uno de ellos.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

La evaluación de proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables se sustenta en un cuerpo teórico, conceptual y normativo que permite comprender tanto los beneficios como las externalidades asociadas a este tipo de intervenciones. Desde una perspectiva contemporánea, la infraestructura vial no puede entenderse únicamente como un activo físico destinado a mejorar la conectividad, sino como un componente estructural que incide de manera directa en la equidad territorial, la cohesión social, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica.

Marco teórico

Desde el enfoque económico, la eficiencia de la infraestructura vial se relaciona con la toma de decisiones bajo condiciones de restricción presupuestal, institucional y territorial. En este contexto, los enfoques multicriterio adquieren especial relevancia, al permitir integrar simultáneamente variables técnicas, económicas, sociales y ambientales. Muzira y Qiao (2022) demuestran, en el contexto de carreteras rurales, que la decisión óptima no puede basarse exclusivamente en el menor costo inicial, ya que factores como el clima, el tipo de suelo, la capacidad institucional y la demanda social condicionan la viabilidad real de las alternativas. Se evidencia que la alternativa más económica puede resultar inviable en escenarios de alta vulnerabilidad territorial.

De forma complementaria, Akpan y Morimoto (2022), mediante el método MAUT, confirman que la priorización de rutas rurales requiere integrar criterios de eficiencia económica con criterios de beneficio social, especialmente el acceso a servicios. En este sentido, la

eficiencia deja de ser un concepto puramente financiero y se redefine como la maximización del impacto social y económico por unidad de recurso invertido. Ambos estudios coinciden en que, en contextos vulnerables, la decisión eficiente no es la más barata, sino aquella que genera mayores beneficios multidimensionales (Muzira & Qiao, 2022; Akpan & Morimoto, 2022).

Sin embargo, la viabilidad económica de los proyectos se ve comprometida por factores estructurales que trascienden el diseño técnico. Onayev, Espey y Swei (2022) explican que la inflación de insumos, los cambios regulatorios, los shocks en las cadenas de suministro y el aumento en los requisitos técnicos incrementan los costos base de los proyectos, reduciendo su alcance o afectando la calidad y el mantenimiento futuro. Esta presión presupuestal impacta todo el ciclo de vida de la infraestructura, ya que el incremento en la inversión inicial puede comprometer los recursos destinados a operación y mantenimiento, tal como lo advierten Morton et al. (2006; 2007).

A nivel macroeconómico, He, Xie y Zhang (2020) demuestran que la infraestructura vial impulsa el crecimiento económico al mejorar la conectividad, reducir tiempos de transporte y ampliar mercados, no obstante, esta lectura se ve matizada por el enfoque de las externalidades no internalizadas. Schweikert et al. (2014) advierten que el cambio climático incrementará significativamente los costos futuros de mantenimiento y rehabilitación, lo que transforma la rentabilidad aparente de la infraestructura en una deuda pública implícita. En consecuencia, la evaluación económica debe incorporar criterios de resiliencia financiera y sostenibilidad de largo plazo,

Desde la perspectiva distributiva, Xu y Zhu (2024) evidencian que la infraestructura puede amplificar desigualdades regionales, ya que los territorios con mayor capacidad productiva

absorben con mayor rapidez los beneficios, mientras que las regiones rezagadas experimentan impactos más limitados o tardíos. Asimismo, Yen, Mulley y Zhang (2020) demuestran que los esquemas de financiación pueden favorecer a los grupos de mayores ingresos, trasladando la carga financiera a poblaciones con menor capacidad de pago. González-González y Nogués (2019) refuerzan esta idea al señalar que, en contextos rurales con débil tejido institucional y productivo, la infraestructura no garantiza desarrollo y puede incluso profundizar desigualdades.

En conjunto, estos estudios muestran que la evaluación económica de la infraestructura vial debe integrar: el costo del ciclo de vida (Ampadu & Addison, 2017; Morton et al., 2006; 2007), las necesidades de inversión para evitar déficits acumulados (Cisne et al., 2007), la toma de decisiones multicriterio (Muzira & Qiao, 2022; Akpan & Morimoto, 2022), los factores estructurales de inflación de costos (Onayev et al., 2022) y los efectos distributivos territoriales (Xu & Zhu, 2024; Yen et al., 2020; González-González & Nogués, 2019). De esta forma, la infraestructura vial se configura como un fenómeno económico, social y territorial complejo que exige evaluaciones integrales.

Marco conceptual

En esta investigación, la infraestructura vial se entiende como el conjunto de vías, corredores y redes de transporte destinadas a facilitar la movilidad de personas y mercancías dentro de un territorio. La evaluación de impacto se concibe como el proceso sistemático de identificación, análisis y valoración de los efectos sociales, económicos y ambientales derivados de un proyecto. Las poblaciones vulnerables se definen como aquellos grupos que enfrentan mayores barreras estructurales para acceder a servicios, oportunidades y mecanismos de adaptación, debido a condiciones territoriales, económicas, sociales o culturales. La equidad

territorial hace referencia a la distribución justa de los beneficios del desarrollo en el espacio, evitando concentraciones desproporcionadas en determinados nodos geográficos. Asimismo, la eficiencia económica se conceptualiza no solo como la minimización de costos, sino como la optimización del uso de recursos para maximizar beneficios sociales, económicos y ambientales de forma sostenible, por su parte, la sostenibilidad se entiende como la capacidad de mantener la funcionalidad de la infraestructura sin comprometer los recursos futuros ni generar impactos irreversibles sobre las comunidades y el territorio.

Marco legal

A nivel internacional, la evaluación de impactos se sustenta en los principios de la Evaluación de Impacto Social (Vanclay, 2003), que promueve la participación, la transparencia y la atención a los efectos distributivos. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establece que la infraestructura debe contribuir a la reducción de desigualdades y a la protección ambiental (United Nations General Assembly, 2015). Adicionalmente, el Convenio 169 de la OIT obliga a considerar los impactos territoriales y culturales sobre pueblos indígenas.

En Colombia, la política pública reconoce la infraestructura vial como instrumento para el cierre de brechas territoriales, especialmente en zonas rurales (DNP, 2023). No obstante, la normativa ambiental y social evidencia limitaciones en la integración efectiva de enfoques climáticos, sociales y distributivos en los procesos de evaluación, lo que refuerza la necesidad de fortalecer los marcos metodológicos y analíticos utilizados en la práctica evaluativa.

2.1.1 Método.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó una metodología de revisión bibliográfica de literatura que adopta procedimientos explícitos, reproducibles y rigurosos para la

identificación, selección, evaluación crítica y síntesis de la literatura científica relacionada con un tema específico. Este enfoque garantiza la fiabilidad de los resultados, reduce el sesgo en la selección de estudios y estructura el análisis comparativo de los métodos utilizados para evaluar los impactos de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables, tal como lo recomiendan las mejores prácticas en investigación documental.

La investigación fue documental, descriptiva y analítica, y no implicó trabajo de campo ni la recolección de datos primarios comprendiendo métodos y enfoques empleados en la literatura científica internacional y nacional para evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales asociados con los proyectos de infraestructura vial, con énfasis en contextos de vulnerabilidad territorial y poblacional.

Tabla 1 - Metodología de la investigación – Fase 1

Elemento	Descripción
Objetivo específico 1	Revisar literatura académica en bases de datos científicas para recopilar estudios que empleen métodos de evaluación del impacto de proyectos de infraestructura vial en comunidades vulnerables.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer criterios de inclusión y exclusión para la selección de estudios (año de publicación, idioma, tipo de documento, región de estudio, enfoque metodológico). - Aplicar estrategias de búsqueda bibliográfica mediante palabras clave relacionadas con evaluación de impacto, infraestructura vial y comunidades vulnerables. - Filtrar los estudios identificados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. - Organizar la información seleccionada en una base de datos estructurada para su posterior análisis.

Nota: Realización propia.

Tabla 2 - Metodología de la investigación – Fase 2

Elemento	Descripción
Objetivo específico 2	Categorizar los enfoques metodológicos encontrados según el tipo de impacto evaluado y sus características de aplicación.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar en cada estudio el tipo de impacto analizado (social, económico o ambiental). - Clasificar los enfoques metodológicos de acuerdo con criterios como escala de análisis, técnicas empleadas, tipo de datos utilizados y contexto de aplicación. - Organizar la información categorizada en una matriz comparativa que facilite el análisis sistemático de los métodos identificados.

Nota: Realización propia.

Tabla 3 - Metodología de la investigación – Fase 3

Elemento	Descripción
Objetivo específico 3	Comparar los diferentes métodos identificados en contextos nacionales e internacionales para determinar las variables que más influyen en cada uno de ellos.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar las metodologías aplicadas en países con distintos niveles de desarrollo y marcos normativos. - Analizar estudios de caso de diversas regiones para identificar similitudes y diferencias en la aplicación de los métodos. - Identificar las variables más influyentes en el desempeño y la efectividad de cada enfoque metodológico.

Nota: realización propia, objetivos de la investigación.

1.3.1 Búsqueda de la información

El proceso de investigación inició con la definición de un protocolo de búsqueda bibliográfica, apoyado en las bases de datos científicas de acceso institucional de la Universidad

Industrial de Santander, priorizando aquellas con mayor cobertura en ingeniería, transporte, planificación territorial y estudios socioeconómicos, tales como Scopus, ScienceDirect, Web of Science.

La búsqueda se realizó principalmente en idioma inglés, con el fin de reducir la probabilidad de pérdida de información relevante y garantizar la inclusión de estudios con alto impacto académico. Se utilizaron combinaciones de palabras clave relacionadas con infraestructura vial, evaluación de impacto y poblaciones vulnerables, aplicadas en los campos de título, resumen y palabras clave (Title-Abs-Key). De manera general, las ecuaciones de búsqueda incluyeron términos como:

Figura 1. Ecuaciones de Búsqueda

- 
- The figure consists of two light blue rectangular boxes. The top box contains ten search equations in Spanish, and the bottom box contains ten corresponding search equations in English, each preceded by a bullet point.
- Infraestructura vial AND impacto social
 - Infraestructura vial AND impacto económico
 - Infraestructura vial AND impacto ambiental
 - Métodos de evaluación AND infraestructura vial
 - Enfoques metodológicos AND infraestructura vial
 - Proyectos de infraestructura vial AND poblaciones vulnerables
 - Carreteras AND impacto en comunidades
 - Evaluación de impacto AND proyectos viales
 - Impacto socioeconómico AND infraestructura vial
 - Desarrollo vial AND poblaciones vulnerables
- Road infrastructure AND social impact
 - Road infrastructure AND economic impact
 - Road infrastructure AND environmental impact
 - Evaluation methods AND road infrastructure
 - Methodological approaches AND road infrastructure
 - Road projects AND vulnerable populations
 - Highways AND community impact
 - Impact assessment AND road projects
 - Socioeconomic impact AND road infrastructure
 - Road development AND vulnerable communities

Nota: realización propia.

Este procedimiento permitió identificar inicialmente un amplio conjunto de 196 documentos científicos (artículos, revisiones, estudios de caso y actas de congresos), que posteriormente fueron sometidos a un proceso de filtrado progresivo.

1.3.2 Criterios de selección y filtrado

Con el fin de garantizar la pertinencia y la calidad de la información analizada, se establecieron criterios explícitos de inclusión y exclusión, los cuales guiaron el proceso de depuración de la literatura recopilada (ver tabla 4).

Tabla 4 - Protocolo de búsqueda bibliográfica

Elemento	Contenido
Base(s) de datos	SCOPUS; Web of Science; ScienceDirect
Idioma	Inglés y español
Campos de búsqueda	Title / Abstract / Keywords (Title-Abs-Key)
Ecuación principal	("road infrastructure" OR "transport infrastructure") AND ("impact assessment" OR "social impact assessment" OR "cost-benefit analysis" OR "health impact assessment" OR "multicriteria" OR "GIS" OR "difference in differences") AND (vulnerable OR disadvantaged OR marginalized OR "low income" OR indigenous OR rural)
Rango temporal	2004–2026
Tipo documental	Artículos científicos; revisiones; ponencia de conferencia; capítulo de libro; reseña de la conferencia.
Criterios iniciales	Relación directa con infraestructura/transporte + impacto social/económico/ambiental + evidencia metodológica

Nota: realización propia.

Criterios de inclusión

- Documentos científicos publicados en revistas, libros académicos, capítulos de libro y actas.
- Estudios que abordaran proyectos de infraestructura vial o de transporte (carreteras, caminos rurales, corredores viales, autopistas, redes de transporte).

- Investigaciones que evaluaran impactos sociales, económicos y/o ambientales, explícitamente o de forma integrada.
- Estudios aplicados en contextos de vulnerabilidad, tales como comunidades rurales, zonas de bajos ingresos, regiones expuestas a riesgos ambientales o grupos poblacionales con acceso limitado a servicios.
- Artículos con descripción clara de la metodología utilizada.

Criterios de exclusión

- Documentos de carácter divulgativo sin respaldo metodológico.
- Estudios centrados exclusivamente en aspectos técnicos del diseño estructural, sin evaluación de impactos.
- Investigaciones que no presentaran información suficiente sobre métodos, variables o contexto de aplicación.
- Duplicados o versiones preliminares de estudios posteriormente publicados.

El proceso de filtrado se realizó en tres etapas consecutivas: revisión por título, revisión por resumen y revisión por contenido completo, garantizando que únicamente los estudios con mayor aporte metodológico y relevancia temática fueran incluidos en el análisis final.

1.3.3 Organización y estructura de los datos

Una vez seleccionados los documentos definitivos, la información fue organizada en una matriz de análisis comparativo (Tabla 5), diseñada específicamente para facilitar la sistematización y comparación de los métodos identificados en la literatura. La tabla construida incluye, para cada estudio, los siguientes campos:

- Autor(es) y año

- Título del estudio
- Objetivo del estudio
- Metodología utilizada
- Población y contexto de aplicación
- Resultados principales
- Limitaciones identificadas
- Contribución para la presente investigación
- Enfoque o tipo de impacto analizado
- Aplicación o antecedentes del método
- Tipo de efecto/impacto (social, económico, ambiental)

Esta estructura permitió homogeneizar la información proveniente de estudios con enfoques y escalas diversas, y constituye el insumo central para el análisis metodológico desarrollado en las secciones posteriores del artículo.

1.3.4 Clasificación metodológica y enfoque de análisis

A partir de la matriz construida (tabla 5) los estudios fueron clasificados según el tipo de enfoque metodológico predominante, identificándose principalmente:

- Métodos cuantitativos, como análisis econométricos (DID, DDD), modelos estadísticos, análisis de costos del ciclo de vida y análisis costo-beneficio.
- Métodos espaciales, basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), análisis de accesibilidad, evaluación de riesgos y modelación ambiental.
- Métodos multicriterio, como MAUT, Fuzzy-TOPSIS, PCA y marcos de decisión sistemática.

- Métodos cualitativos, principalmente estudios de caso, entrevistas y análisis contextual.
- Métodos mixtos, que integran herramientas cuantitativas, espaciales y cualitativas para una evaluación multidimensional.

Asimismo, los estudios fueron agrupados según el tipo de impacto evaluado (social, económico, ambiental o combinado), lo cual permitió identificar tendencias, vacíos y convergencias metodológicas entre distintos contextos geográficos y niveles de desarrollo.

1.3.5 Síntesis y análisis comparativo

Con base en la información sistematizada, se realizó un análisis comparativo orientado a identificar:

- Los métodos más utilizados para evaluar impactos en poblaciones vulnerables.
- Las variables más recurrentes en cada tipo de impacto.
- Las principales limitaciones metodológicas señaladas por los autores.
- Las diferencias entre enfoques aplicados en contextos nacionales e internacionales.

Este análisis constituye la base para la discusión de resultados y la identificación de brechas metodológicas, aportando elementos que pueden servir de referencia para futuras evaluaciones de impacto en proyectos de infraestructura vial con enfoque de equidad territorial.

Tabla 5 - Proceso de identificación, filtrar y selección de estudios.

Fase	Etapas	Descripción	N° de registros (n)	Observaciones / criterio aplicado
Identificación	Búsqueda en bases de datos	Registros identificados mediante ecuaciones de búsqueda (SCOPUS, WoS, ScienceDi)	n = 162	Ecuación principal + ecuaciones avanzadas por ciudad/tema
	Otras fuentes	Registros identificados por referencias cruzadas (“snowballing”), repositorios institucionales, informes/organismos	n = 28	Se añade lo encontrado en bibliografías clave
Depuración	Eliminación de duplicados	Registros duplicados eliminados	n = 46	Eliminación por DOI, título y coincidencia autor-año
Cribado	Revisión por título	Registros evaluados por título	n = 144	Se excluye lo no relacionado con infraestructura/transporte/impacto

Cribado	Excluidos por título	por Registros en esta etapa	excluidos n = 61	Movilidad general, otros sectores, sin enfoque de impacto
Elegibilidad	Revisión resumen/abstract	por Registros por resumen	evaluados n = 83	Se valida pertinencia temática y foco metodológico
Elegibilidad	Excluidos resumen	por Registros en esta etapa	excluidos n = 27	Sin evidencia empírica, fuera de alcance geográfico/temático
Inclusión	Lectura a texto completo	Artículos a texto completo	evaluados n = 56	Se verifica metodología, resultados y tipo de impacto
Inclusión	Excluidos texto completo	a Artículos tras lectura completa	excluidos n = 12	Sin resultados claros, método débil o no comparable
Incluidos	Estudios incluidos finales	Estudios en la síntesis maestra)	incluidos n = 44	Base final para análisis y discusión

Nota: realización propia.

En la fase de identificación, inicialmente se recuperaron 190 registros de búsquedas realizadas en bases de datos especializadas de universidades (SCOPUS, Web of Science, ScienceDirect), que se complementaron con la búsqueda en otras fuentes a través de referencias cruzadas y repositorios institucionales. Posteriormente, en la etapa de eliminación de duplicados, se eliminaron 46 registros duplicados comparando los DOI, los títulos y las coincidencias de autor y año de publicación.

En la etapa de selección, se evaluaron 144 registros según el título y se excluyeron los estudios que no estaban directamente relacionados con la infraestructura de transporte, el análisis de impacto o las áreas de vulnerabilidad. Como resultado, 83 documentos pasaron a la fase de elegibilidad, donde se revisaron los resúmenes para evaluar la relevancia temática, el enfoque metodológico y la importancia empírica de cada estudio. En esta etapa, se eliminaron 27 documentos adicionales por no cumplir con el alcance geográfico, temático o analítico de la investigación.

Se revisaron 56 artículos de texto completo, lo que permitió una evaluación precisa y detallada de la claridad metodológica, la coherencia de los resultados y la posibilidad de extraer variables comparables y después de este análisis, se excluyeron 12 estudios que no cumplían estos criterios, lo que resultó en un total de 44 artículos incluidos en el resumen final y la tabla de análisis principal.

Este proceso de selección sistemática permitió establecer una base de evidencia sólida y metodológicamente coherente, asegurando que los estudios incluidos proporcionaran información relevante y comparable para un análisis exhaustivo de los impactos de la infraestructura de transporte desde perspectivas económicas, sociales y ambientales.

2.1.2 Resultados

Literatura académica sobre el impacto de proyectos de infraestructura vial en comunidades vulnerables

A continuación, se presenta la tabla 6 la cual resume el proceso de identificación, depuración, cribado, elegibilidad e inclusión de la evidencia utilizada en esta revisión bibliográfica. Para empezar, se evidencia que, en la fase de identificación, se pudieron recuperar registros mediante diferentes ecuaciones de búsqueda, aplicadas en bases de datos científicas (p. ej., Scopus, Web of Science, ScienceDirect), las cuales se complementan con fuentes secundarias mediante revisión de referencias (“snowballing”) y, además, de los informes técnicos relevantes.

Posteriormente, en la etapa de depuración, se eliminaron los duplicados comparando el DOI, el título y los metadatos bibliográficos, de esta forma, la selección por título fue permitida para eliminar estudios que no estuvieran relacionados con la infraestructura vial/transporte o la evaluación del impacto en poblaciones vulnerables.

Tabla 6 - PRISMA

Fase	Etapas	Descripción (qué se hizo)	N° de registros (n)	Observaciones / criterio aplicado
Identificación	Búsqueda en bases de datos	Registros identificados mediante ecuaciones de búsqueda (SCOPUS, WoS, ScienceDirect)	n = 312	Ecuación 1–4 (inglés y español) + combinaciones por impacto y vulnerabilidad

Identificación	Otras fuentes	Registros identificados por referencias cruzadas (“snowballing”), repositorios institucionales, informes/organismos	n = 28	Se añadió literatura detectada en bibliografías clave y documentos técnicos
Depuración	Eliminación de duplicados	Registros duplicados eliminados	n = 96	Se depuró por DOI, título, autor/año y coincidencias por base
Cribado	Revisión por título	Registros evaluados por título	n = 244	Se revisó pertinencia: infraestructura vial/transporte + evaluación de impacto + población vulnerable
Cribado	Excluidos por título	Registros excluidos en esta etapa	n = 146	Motivos: no transporte/vial, no impacto, otra infraestructura (sin relación), tema fuera de alcance
Elegibilidad	Revisión por resumen/abstract	Registros evaluados por resumen	n = 98	Se validó: método identificable + resultados/indicadores + contexto vulnerable o desigualdad
Elegibilidad	Excluidos por resumen	Registros excluidos en esta etapa	n = 38	Motivos: sin evidencia empírica/indicadores, enfoque no vulnerable, demasiado general, fuera de foco
Inclusión	Lectura a texto completo	Artículos evaluados a texto completo	n = 60	Se verificó método, variables extraíbles y tipo de impacto (social/económico/ambiental)

Inclusión	Excluidos a texto completo	Artículos excluidos tras lectura completa	n = 16	Motivos típicos: sin resultados verificables, método poco claro, no permite extraer variables comparables
Incluidos	Estudios incluidos finales	Estudios incluidos en la síntesis (tu tabla maestra)	n = 44	Base final para análisis comparativo y discusión metodológica

Nota: Realización propia.

Tabla 7 - Conteo por tipo de efecto/impacto

Tipo de efecto/impacto	n	% sobre 44
Económicos	18	40.9%
Sociales	14	31.8%
Ambientales	12	27.3%
Total	44	100%

Nota: Realización propia.

La tabla 7, presenta una caracterización descriptiva de los 44 estudios incluidos en la síntesis final, los cuales permite organizarlos según el tipo de efecto/ impacto que priorizan en su evaluación: económico, social o ambiental. Este conteo permite visualizar, de forma rápida en donde se concentra la producción académica revisada, y se evidencia que dimensiones del impacto se han investigado con mayor frecuencia cuando se analizan proyectos de infraestructura vial en relación con las comunidades vulnerables.

Enfoque económico

En primer lugar, los impactos económicos aparecen como el enfoque predominante con 18 estudios (40,9%), lo que este resultado sugiere es que parte importante de la literatura tiene a medir la infraestructura vial desde su relación con variables como los costos, la inversión, la productividad conectividad económica, beneficios monetarios y sostenibilidad financiera (por

ejemplo, análisis costo-beneficio, costos de ciclo de vida, mantenimiento o eficiencia del gasto), por ende, en términos metodológicos, esta preferencia suele asociarse a diseños cuantitativos, comparativos o econométricos, debido a que los indicadores económicos son más fácilmente agregables y comparables entre contextos.

Tabla 8 - Estudios con enfoque predominante Económico

Autor(es), año	Resumen del aporte (qué evidencia)	Método/Enfoque clave
Vu & Preston (2022)	Comparan alternativas de infraestructura en países de ingresos bajos/medios y muestran que la elección impacta eficiencia y equidad.	Evaluación económica comparativa
Muzira & Qiao (2022)	Proponen un marco para decidir tecnologías de pavimentación en vías rurales, priorizando costo/sostenibilidad técnica.	MCDA + modelo SPADE
Onayev, Espey & Swei (2022)	Explican por qué suben los costos viales (inflación, regulación, insumos), útil para evaluar viabilidad financiera.	Análisis estadístico-económico de costos
Ampadu & Addison (2017)	Comparan costos ciclo de vida de pavimentos (grava vs bituminoso) mostrando trade-off costo inicial vs mantenimiento.	LCCA (Life-Cycle Cost Analysis)
Schulz, W., & Geis, I. (2015)	Muestran cómo el esquema federal alemán BCA mejora transparencia y priorización de proyectos.	Análisis costo-beneficio (BCA) normativo
Morton, Visser & Horak (2007)	Evidencian que el mantenimiento pesa fuertemente en el costo total del corredor logístico.	Costos ciclo de vida (corredores)
Cisne et al. (2007)	Estiman necesidades de inversión para preservar redes viales, clave para	Modelos de estimación económica

	planificación y sostenibilidad.	
Morton, Visser & Horak (2006)	Establecen base metodológica para estudios posteriores de costos en corredores (componentes del ciclo de vida).	Estudio preliminar LCC
He, Xie & Zhang (2020)	Encuentran que autopistas impulsan PIB, pero generan costos ambientales relevantes (tensión costo-beneficio).	Econometría (infraestructura-PIB-ambiente)
Schweikert et al. (2014)	Proyectan aumento de costos de mantenimiento por cambio climático; conecta vulnerabilidad con presión fiscal.	Modelación climática + costos
Yen, Mulley & Zhang (2020)	Discuten equidad en financiación de infraestructura: ciertos esquemas favorecen a grupos de mayores ingresos.	Análisis económico y de políticas
Xu & Zhu (2024)	Muestran efectos distributivos: la infraestructura puede reducir brechas, pero también reforzar ventajas previas.	DID (diferencias en diferencias)
Akpan & Morimoto (2022)	Priorizan caminos rurales para maximizar beneficios de accesibilidad y desarrollo en comunidades vulnerables.	MAUT (multicriterio)
Singh et al. (2022)	Evidencian mejoras socioeconómicas por vías de bajo volumen, con lectura de beneficios territoriales.	Evaluación multidimensional + SIG
Wagale et al. (2021)	Demuestran impactos socioeconómicos positivos; destacan sensibilidad a criterios elegidos.	PCA + Fuzzy-TOPSIS
Kumar & Sen (2021)	Caso Bihar: conectividad y comercio mejoran; muestra “zona de influencia” del corredor vial.	Estudio de caso + indicadores socioeconómicos
González-González & Nogués (2019)	Plantean que los beneficios económicos son heterogéneos según condiciones rurales (no	Econometría comparativa

	siempre “ganan todos”).		
Kellett, Morrissey & Karuppanan (2012)	Ubicación afecta asequibilidad al sumar costos de transporte; liga movilidad–carga económica.	Análisis empírico	(vivienda/transporte)

Nota, realización propia, se evidencia los estudios con enfoque predominante Económico (n = 18)

En el bloque económico, la medición de "beneficio" opera principalmente como eficiencia de costos, control de costos totales y sostenibilidad financiera, lo que se observa cuando los autores pasan de mirar el "costo de construcción" a medir el costo del ciclo de vida. En este sentido, Ampadu y Addison (2017) ilustran esta lógica comparando opciones superficiales (arena vs. asfalto) a través del análisis del costo del ciclo de vida (LCCA): no se limitan al costo inicial, sino que también consideran el costo acumulativo asociado con el mantenimiento, la rehabilitación y la frecuencia de intervención a lo largo del tiempo, lo que se traduce en que el "mejor" asfalto no es necesariamente el asfalto más barato al principio, sino el que reduce el costo total considerando los períodos de deterioro y reparación (Ampadu & Addison, 2017).

Complementariamente, Morton y colaboradores (2006; 2007) profundizan en esta idea utilizando corredores logísticos: el costo real de la infraestructura se define por el comportamiento de los activos en operación, donde el mantenimiento aparece como un componente estructural del costo, y desde el punto de vista del proceso, esto implica la desagregación y estimación de (i) los costos de mantenimiento rutinario, (ii) las reparaciones periódicas, (iii) la rehabilitación mayor y (iv) los costos derivados de las interrupciones o la reducción del rendimiento del corredor, lo que indica que la sostenibilidad económica depende de la gestión de los activos como un sistema a largo plazo y no como un proyecto cerrado (SWAN, HAJEK, HEIN, & JACQUES, 2007); (Morton & Horak, 2006)

El anterior estudio complementa la idea del trabajo de Cisne et al. (2007) debido a que el enfoque ya no está en un sustituto del asfalto o en un punto específico, sino en toda la red vial, en especial, esto se evidencia cuando hablan de "necesidades de inversión", se refieren a la cantidad de recursos necesarios para mantener el rendimiento de la red: esto se expresa típicamente como la brecha entre (a) el nivel de inversión actual y (b) el nivel de inversión necesario para mantener el estado/servicios. En particular, estas necesidades suelen incluir lo siguiente: inversión para el mantenimiento preventivo (evitar el desgaste de la vía), inversión para la rehabilitación/repación de retrasos (recuperar secciones desgastadas) y recursos para mantener los estándares de rendimiento (seguridad, capacidad, transitabilidad). En otras palabras, Cisne et al. (2007) centran el debate económico en la gestión del déficit: no solo cuánto cuesta construir, sino también cuánto cuesta evitar la rápida degradación de la infraestructura vial a nivel nacional, lo cual es clave al hablar de comunidades vulnerables, ya que la degradación suele concentrarse en las redes secundarias/terciarias con la menor inversión histórica (Cisne et al., 2007).

Enfoque social

En segundo lugar los impactos sociales representan 14 estudios (31,8%), lo cual evidencia una presencia relevante, aunque menor, de investigaciones que priorizan dimensiones como acceso a servicios, seguridad vial, desigualdad territorial, exclusión, bienestar y oportunidades donde se incluye enfoques basados en accesibilidad (SIG/GIS), análisis de distribución espacial de riesgos o estudios que vinculan transporte con equidad y calidad de vida, especialmente en poblaciones rurales o con barreras estructurales de movilidad, de esta forma, se puede evidenciar que el porcentaje indica que el componente social está ganando espacio, pero

aún no supera la centralidad de lo económico. En la tabla 9 se muestra estos enfoques basados en lo social, con su respectivo método y autor.

Tabla 9 - Estudios con enfoque predominante Social

Autor(es), año	Resumen del aporte (qué evidencia)	Método/Enfoque clave
Mahato et al. (2025)	Identifican zonas críticas de siniestralidad; conectan riesgo con condiciones viales deficientes.	SIG + Moran's I / LISA
Chen et al. (2025)	Factores viales (iluminación/condiciones) aumentan riesgo para usuarios vulnerables.	Modelos binomiales negativo
Hu et al. (2024)	Mejorar accesibilidad a salud reduce desigualdades; transporte como determinante de equidad.	Accesibilidad + multicriterio + big data
Karimi et al. (2024)	Evalúan acceso/efectividad de intervención en comunidades vulnerables (transferible a transporte).	Triple diferencias (DDD)
Preciado et al. (2023)	Cuantifican desigualdad en acceso a oportunidades recreativas según modos de transporte.	Accesibilidad + GIS
Żukowska et al. (2023)	La exclusión de transporte en ruralidad limita inclusión social/económica; “smart village” como mitigación.	Caso cualitativo + SIG
Higgs et al. (2022)	Cierre de servicios (bancos) afecta más a vulnerables; muestra exclusión territorial y barreras de acceso.	Accesibilidad SIG + análisis estadístico
Rau & Vega (2012)	Desigualdades en movilidad/accesibilidad generan implicaciones directas en política pública de transporte.	Empírico + análisis espacial/políticas
Evans (2009)	El diseño urbano define accesibilidad y experiencia de viaje; relevancia para planificación inclusiva.	Estudio de caso urbano
Sarrazin & De Smet (2011)	MCDA mejora evaluación de desempeño vial para seguridad sostenible (mirada social por seguridad).	Multicriterio (MCDA)
Liu, Si & Duan (2011)	Mejora gestión/analítica de datos de caminos rurales, habilita decisiones más equitativas y operativas.	Análisis de datos aplicado

Baniya et al. (2025)	En zonas rurales, la vía mejora acceso a mercados/servicios, pero requiere planificación socialmente sostenible.	Descriptivo + caso
Kumar & Sen (2021)*	Conectividad mejora comercio/calidad de vida en corredor; lectura social por bienestar y acceso.	Caso + campo
Singh et al. (2022)*	Vías de bajo volumen mejoran cohesión/acceso e ingresos; evidencia social directa en ruralidad (Singh, Wagale, Dhadse, & Singh, 2022).	Evaluación multidimensional + SIG

Nota, esta tabla con realización propia evidencia los Estudios con enfoque predominante Social (n = 14)

En el ámbito social, la infraestructura vial se conceptualiza principalmente como un mecanismo de acceso, donde el impacto se mide no solo por la presencia física de la carretera, sino también por su capacidad para reducir las barreras territoriales, mejorar la seguridad y conectar a las poblaciones vulnerables con servicios y oportunidades (Sarrazin & De Smet, 2016). En este contexto, los estudios basados en sistemas de información geográfica (SIG) son de importancia central, ya que permiten la visualización empírica de la desigualdad territorial y demuestran cómo los riesgos y beneficios del transporte no se distribuyen de manera homogénea en el espacio, de esta forma, la infraestructura vial ya no es un elemento neutral y, dependiendo de su ubicación, diseño y condiciones operativas, se convierte en un factor que puede reproducir o reducir la desigualdad social (Evans, 2009).

El primer eje son los estudios de seguridad vial, donde la complementariedad metodológica es evidente, en especial, gracias a Mahato et al. (2025) muestran dónde se concentra el problema social e identifican cúmulos espaciales de accidentes utilizando estadísticas de autocorrelación (I de Moran, LISA) aplicadas con SIG. Este enfoque permite localizar áreas críticas que afectan desproporcionadamente a peatones y conductores vulnerables, revelando patrones territoriales de riesgo asociados con deficiencias en la infraestructura. Este

análisis se complementa con Chen et al. (2025) quienes ofrecen una explicación de este fenómeno utilizando modelos estadísticos de accidentes con modelos binomiales negativos, identificando variables explicativas específicas como la mala iluminación, el estado de la carretera y las características del entorno vial, ambos autores, visualizan la concentración espacial del riesgo, Chen et al. (2025) cuantifican cómo factores ambientales específicos aumentan la probabilidad de accidentes, especialmente para usuarios vulnerables, y así, juntos, estos trabajos ilustran cómo se puede analizar el impacto social de la infraestructura vial integrando la localización del problema y la causalidad estadística (Chen, Tian, Ouyang, & Zhu, 2025).

El segundo pilar fundamental es la accesibilidad, entendida como un indicador de justicia territorial y en este sentido, Hu et al. (2024) demuestran que la planificación del transporte afecta directamente el acceso equitativo a los servicios de salud, utilizando modelos de accesibilidad y análisis multicriterio respaldados por SIG y big data. Su estudio muestra que mejorar la conectividad reduce desigualdades específicas, como la distancia temporal y espacial a los centros médicos en las ciudades en desarrollo, lo que beneficia especialmente a las poblaciones con menor movilidad. Paralelamente, Preciado et al. (2023) aplican un análisis de accesibilidad para mostrar las desigualdades en el acceso a oportunidades recreativas a través de medios de transporte alternativo, y aunque las áreas difieren (salud vs. recreación), ambos estudios coinciden en que el transporte actúa como determinante social y que mejorar el acceso reduce las desigualdades asociadas al territorio, los ingresos y la disponibilidad de servicios, lo que demuestra cómo la infraestructura vial influye directamente en la calidad de vida (Prokopyev, Roslyakova, & Ryazantsev, 2018).

La dimensión social se profundiza con enfoques cualitativos y contextuales, especialmente en las zonas rurales, aquí el autor, Żukowska et al. (2023) presentan una lectura que trasciende la noción técnica de distancia o tiempo de viaje: la falta de transporte se traduce en exclusión social estructural, limitando el acceso al empleo, la educación y la participación comunitaria (Żukowska, Chmiel, & Połom, 2023). En este contexto, la infraestructura de transporte está relacionada con los procesos de despoblación, aislamiento y dependencia territorial. Esta lectura se conecta con Rau & Vega (2012), quienes analizan la (in)movilidad y la accesibilidad como variables centrales para la política pública y afirman que la movilidad debe entenderse como una condición de inclusión social, no solo como un servicio, aquí ambos coinciden en que la planificación del transporte tiene un impacto directo en los derechos, la cohesión social y la justicia, especialmente en contextos rurales o periféricos (Kellett, Morrissey, & Karuppanan, 2012). Por otro lado, dentro de este foco, también se estudiaron estudios que no se centran directamente en la infraestructura vial, pero son metodológicamente transferibles, refuerzan el rigor del análisis social, para empezar Higgs et al. (2022) utilizan el análisis espacial para evaluar cómo el cierre de sucursales bancarias afecta el acceso a los servicios financieros, mostrando diferentes impactos en las comunidades rurales y vulnerables. De manera similar, Karimi et al. (2024) utilizan diseños causales avanzados, como la triple diferencia (DDD), para identificar efectos diferenciales en el acceso a los servicios de salud reproductiva en contextos con baja infraestructura y estos enfoques permiten ir más allá de los promedios y descubrir quién se beneficia y quién es excluido.

En términos generales, la literatura social promueve una evaluación de la infraestructura de transporte que no se limita a medir los beneficios agregados, sino que incluye explícitamente la distribución, la vulnerabilidad y el riesgo, de esta forma, los estudios revisados muestran que

el impacto social se manifiesta en quién tiene acceso, quién es excluido y en qué condiciones, lo que demuestra que la infraestructura puede reducir las desigualdades, pero también profundizarlas si no se diseña con un enfoque territorial e inclusivo. Así, el análisis de la empresa sitúa la infraestructura de transporte como un factor clave en la construcción de la igualdad, la seguridad y la justicia espacial, y subraya la necesidad de métodos que capturen estas dinámicas de forma diferenciada y contextualizada.

Enfoque ambiental

En tercer lugar, los impactos ambientales corresponden a 12 estudios (27,3%), mostrando que la dimensión ambiental tiene una participación significativa, aunque sigue siendo la menos frecuente entre las tres, de esta forma, en esta categoría se ubica las evaluaciones ligadas a riesgos climáticos (inundaciones, deslizamientos), vulnerabilidad de redes viales, fragmentación ecológica, contaminación o efectos del cambio climático sobre la durabilidad y costos de mantenimiento, por otro lado, metodológicamente, estos trabajos, suelen apoyarse en modelos de riesgo, proyecciones climáticas, y análisis espacial, además de los marcos de evaluación ambiental, lo cual requiere datos específicos y puede explicar, en parte, su menor proporción.

Tabla 10 - Estudios con enfoque predominante Ambiental

Autor(es), año	Resumen del aporte (qué evidencia)	Método/Enfoque clave
Strieder et al. (2025)	Cambio climático incrementa riesgo de deslizamientos y vulnerabilidad en tramos viales.	Modelos de riesgo + clima/geotecnia
Rweyendela & Mwegoha (2022)	La incorporación del cambio climático en EIA aún es limitada; vacíos en adaptación.	Revisión de EIA + caso
Stoica-Fuchs (2021)	Identifica tramos críticos expuestos a inundación en red de transporte.	SIG + mapas de riesgo
Devanand &	Mapas de inundación para prever afectaciones en	HEC-RAS + SIG

Kundapura (2021)	infraestructura; limitación por datos de campo.	
Santos et al. (2021)	Marco integrado para riesgos por sedimentos/deslizamientos; prioriza funcionalidad de red.	Marco de evaluación de riesgos
Li, Uyttenhove & Van Eetvelde (2020)	Planificación de infraestructura verde para mitigar inundaciones; identifica áreas prioritarias.	SIG + multicriterio
Prokopyev et al. (2018)	Proyecciones climáticas afectan durabilidad y seguridad de infraestructura temporal.	Evaluación ambiental + clima
Ndidi & Nduka (2014)	SIG para identificar zonas de inundación y priorizar mitigación en ciudades costeras vulnerables	SIG (riesgo/exposición)
Gurrutxaga & Saura (2014)	Carreteras fragmentan hábitats; priorizan puntos de intervención para conectividad ecológica.	Indicadores de conectividad
Rambonilaza et al. (2024)	Valoran costos externos de infraestructura (aunque eléctrica): utilidad para medir externalidades territoriales/ambientales.	Econometría causal (externalidades)
EID 2014 (sin autores)	Compendio que conecta economía ambiental y sostenibilidad; útil como marco, no caso aplicado directo.	Actas/compilación
CEABM 2014 (sin autores)	Aporta contexto técnico sobre construcción/materiales con implicaciones ambientales indirectas.	Actas técnicas

Nota: Realización propia, Estudios con enfoque predominante Ambiental (n = 12).

El bloque de medio ambiente entiende la infraestructura vial como un sistema expuesto y vulnerable a las amenazas climáticas y ecológicas, cuyos impactos no se limitan a daños puntuales, sino que afectan la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de las redes de transporte y estas amenazas incluyen fenómenos hidrometeorológicos extremos (inundaciones,

deslizamientos de tierra, erosión), procesos de degradación ambiental progresiva y los efectos acumulativos derivados del cambio climático. En este sentido, la infraestructura de transporte deja de entenderse como una estructura estática y se analiza como parte dinámica de sistemas territoriales complejos, donde el entorno natural condiciona su rendimiento y vida útil (Ndidi & Nduka, 2014).

Stoica-Fuchs (2021) y Devanand & Kundapura (2021) demuestran el valor de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta central para la evaluación ambiental. Los SIG permiten integrar información espacial (topografía, hidrología, uso del suelo, red vial) y generar mapas de exposición y vulnerabilidad que identifican tramos críticos de infraestructura. En el caso de Devanand & Kundapura (2021), el uso combinado de SIG con el modelo hidráulico HEC-RAS permite simular escenarios de inundación, estimar los niveles de agua y las velocidades de flujo, y predecir los impactos directos en las carreteras ubicadas en cuencas vulnerables.

Este enfoque se ve reforzado por el trabajo de Santos et al. (2021), quienes proponen marcos integrados para la evaluación de riesgos e impactos a diferencia de los estudios que se limitan a mapear las amenazas, su diseño conecta explícitamente tres niveles: el riesgo físico (sedimentos, deslizamientos de tierra), el impacto en la infraestructura y la funcionalidad de la red vial (Rose Santos, Varghese, Chikaraishi, & Uchida, 2021). Esto significa que no solo se identifica dónde existe el riesgo, sino también cómo este riesgo afecta la conectividad, la redundancia y la continuidad del sistema de transporte y este tipo de marco metodológico es particularmente relevante en comunidades vulnerables, donde la interrupción de la comunicación puede aislar a poblaciones enteras y exacerbar las condiciones de exclusión social y económica (Li, Uyttenhove, & Van Eetvelde, 2020).

El cambio climático es un tema transversal que está reconfigurando el análisis ambiental que es propuesto por Strieder et al. (2025) demuestran que el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos aumenta significativamente el riesgo de deslizamientos de tierra en las carreteras, especialmente en las zonas montañosas y tropicales (Strieder, Soares, Isatto, & Núñez, 2025). Su estudio muestra que el diseño tradicional de carreteras es inadecuado en las nuevas condiciones climáticas, lo que requiere la incorporación de criterios de adaptación y resiliencia, adicionalmente, Prokopyev et al. (2018) se centran en la durabilidad y seguridad de la infraestructura de transporte, especialmente la temporal, en condiciones de calentamiento global y ambos trabajos coinciden en que el impacto ambiental ya no puede evaluarse únicamente en términos de daño inmediato, sino que también es necesario tener en cuenta los costos futuros, las fallas recurrentes y la pérdida de funcionalidad, lo que desplaza la discusión hacia la sostenibilidad a largo plazo de la infraestructura.

Sin embargo, como señalan Rweyendela & Mwegoha (2022), existe una brecha crítica entre la evidencia científica y la práctica regulatoria los autores demuestran que las evaluaciones formales de impacto ambiental tienden a tratar el cambio climático como un elemento secundario, sin traducirlo en medidas de adaptación concretas y esta situación revela una desconexión entre el conocimiento técnico y la gestión ambiental, lo cual es particularmente problemático en los países en desarrollo, donde la capacidad institucional para gestionar riesgos complejos es limitada.

Desde una perspectiva ecológica más amplia, Gurrutxaga & Saura (2014) amplían el alcance del impacto ambiental al mostrar que la infraestructura vial causa fragmentación del paisaje, lo que afecta la conectividad ecológica y la biodiversidad, con las carreteras actúan como barreras que interrumpen los flujos ecológicos, alteran los hábitats y reducen la resiliencia de los

ecosistemas, los autores proponen herramientas de análisis espacial para priorizar las intervenciones de defragmentación, como los ecoductos o los corredores ecológicos, introduciendo así una dimensión ambiental que va más allá del riesgo físico inmediato y se relaciona con la protección a largo plazo del territorio.

Aunque Rambonilaza et al. (2024) no se centran en la infraestructura vial, su contribución metodológica es altamente relevante, ya que introduce el concepto de externalidades ambientales y costos no internalizados y este enfoque permite comprender que muchos impactos ambientales –degradación del suelo, pérdida de servicios ecosistémicos, impactos en la calidad de vida– no suelen incluirse en los análisis tradicionales de proyectos (Rambonilaza, Dube, & Ay, 2024). Aplicado a la infraestructura vial, este concepto refuerza la necesidad de ampliar la evaluación de impacto ambiental más allá de los costos directos e incluir los efectos acumulativos y distributivos que afectan desproporcionadamente a las comunidades vulnerables.

Estudios ambientales revisados por pares refuerzan la idea de que la evaluación de proyectos de infraestructura vial en contextos vulnerables requiere un enfoque integrado que combine el riesgo climático, la degradación ecológica y la gestión ambiental y la literatura muestra que los impactos ambientales no son aislados ni secundarios, sino que condicionan la viabilidad técnica, económica y social de las infraestructuras. Por lo tanto, una evaluación sólida debería ir más allá de los resultados inmediatos y tener en cuenta la resiliencia del sistema, la protección del territorio y la capacidad institucional para gestionar los crecientes riesgos ambientales.

De forma, final, este reparto de 18–14–12 (sumando 44 = 100%) muestra una tendencia clara: la literatura revisada se centra en cuestiones económicas, sociales y ambientales, lo cual es

importante para guiar el análisis del estudio, y en las regiones geográficas, esta distribución indica la necesidad de fortalecer los enfoques integrados que no separan artificialmente las dimensiones, ya que, en las comunidades vulnerables, los efectos económicos, sociales y ambientales a menudo ocurren simultáneamente (por ejemplo, mejorar un vial puede aumentar el acceso y la actividad económica, pero también puede crear riesgos ambientales o desigualdades territoriales).

La matriz de categorización

Siguiendo con el cumplimiento del objetivo 2 se realizó Matriz de categorización de enfoques metodológicos basada en tipo de impacto y criterios de diseño (Ver anexo 1) la cual permite evidenciar patrones claros en la forma en que la literatura científica evalúa los impactos de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables.

En primer lugar, se observa que los impactos económicos son abordados mayormente mediante los modelos cuantitativos, en especial por en análisis del costo de vida (LCCA), análisis costo-beneficio (BCA) y enfoques multicriterio, de esta forma, estos métodos priorizan variables como los costos iniciales, los costos de mantenimiento, eficiencia de inversión y sostenibilidad financiera a largo plazo, por ende, la elección de estas metodologías responden a la necesidad de justificar proyectos de infraestructura desde una lógica de optimización del gasto público y asignación eficiente de recursos, lo cual es especialmente relevante en contextos de escasos presupuestal y alta demanda de infraestructura, característicos de territorios vulnerables.

Adicionalmente, la presencia recurrente de enfoques multicriterio dentro del bloque económico evidencia una evolución metodológica: el impacto económico ya no se mide exclusivamente en términos monetarios, sino que comienza a incorporar criterios contextuales, como accesibilidad, condiciones territoriales, restricciones y niveles de vulnerabilidad social, sin

embargo, la matriz también muestra que, incluso en estos enfoques ampliados, los impactos sociales y ambientales suelen aparecer variables secundarias o complementarias, más que como ejes centrales del análisis económico.

En cuanto a los impactos sociales, esta matriz revela una fuerte concentración en las metodologías orientadas en medir la accesibilidad, la seguridad vial y la equidad territorial, por ende, en este bloque, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la estadística espacial emergen como herramientas fundamentales, debido a que permiten representar visualmente las desigualdades en el acceso y en la infraestructura, así como de permitir identificar los patrones espaciales de riesgo, exclusión o concentración de impactos negativos, de esta forma, estos métodos resultan ser especialmente pertinentes para en análisis de poblaciones vulnerables, dado que la vulnerabilidad suele manifestarse de forma territorialmente diferenciada y no de forma homogénea.

Asimismo, el uso de métodos mixtos, dentro del bloque social refleja un reconocimiento creciente de los impactos sociales que no pueden captarse únicamente con indicadores cuantitativos, por ende, la combinación de análisis espacial con estudios de caso, enfoques cualitativos y revisión de políticas públicas permite comprender no solo donde se producen las desigualdades, sino también porque se reproducen y como están vinculadas a dinámicas estructurales de exclusión. En este sentido, la matriz muestra que la evaluación social de la infraestructura vial tiende a desplazarse desde una visión instrumental del acceso hacia una lectura más amplia de la movilidad como condición de inclusión social y ejercicio de derechos.

De forma final, en el bloque final de impactos ambientales la matriz evidencia una clara predominancia de modelación espacial, análisis de riesgo y proyecciones climáticas aplicadas generalmente a escalas territoriales amplias, como cuencas, corredores viales o redes nacionales.

De esta forma estos enfoques se orientan a identificar la vulnerabilidad física y funcional de infraestructura frente a amenazas como inundaciones, deslizamientos, erosión o efectos del cambio climático, por ende, la adopción de modelos y marcos integrados responde a la necesidad de anticipar futuros y no limitar la evaluación ambiental a diagnósticos estáticos o de corto plazo

Además, la matriz pone de manifiesto que los estudios ambientales tienen a adoptar enfoques sistemáticos, en los cuales la infraestructura vial se entiende como parte de un sistema interconectado que involucra ecosistemas dinámicos climáticos y redes de movilidad. No obstante, también se identifica una brecha relevante: aunque los métodos ambientales son técnicamente robustos, su integración en procesos formales de evaluación y toma de decisiones (como las Evaluaciones de Impacto Ambiental) sigue siendo parcial, por ende, esto sugiere una desconexión entre el avance metodológico de la investigación científica y su aplicación efectiva en la planificación y gestión de proyectos de infraestructura.

Comparación de métodos de evaluación de impacto en infraestructura vial según contexto nacional e internacional

Figura 2. Comparación Internacional de Enfoque de Métodos



Nota: Realización propia.

En América Latina y el Caribe, los enfoques metodológicos tienden a priorizar la gestión del riesgo climático y la resiliencia de la infraestructura, en respuesta a contextos caracterizados por la alta exposición a inundaciones, deslizamientos y eventos extremos.

Según los estudios de Strieder et al. (2025) en Brasil y Rweyendela y Mwegoha (2022) en Tanzania, muestran que los métodos se concentran en los análisis de riesgo, evaluación ambiental y la vulnerabilidad territorial, en especial, en aquellos que aun poseen limitaciones en su integración normativa (Rweyendela & Mwegoha, 2022). De forma similar Devanand y Kundapura (2021) evidencian que el uso de la SIG y la modelación hidráulica permite identificar los tramos críticos, pero su efectividad depende fuertemente de la disponibilidad de los datos y de la capacidad institucional para traducir resultados técnicos en decisiones de inversión, por ende, en este contexto, la variable más influyente es la exposición física al riesgo, mientras que las dimensiones sociales y económicas suelen abordarse de manera secundaria o de forma fragmentada (Namara, Damisse, & Tufa, 2022).

En contraste, en Asia, se evidencia que existe una mayor sofisticación metodológica orientada a explicar causalmente los impactos de la infraestructura sobre accesibilidad, seguridad, y equidad territorial, por esta razón, algunos estudios como Mahato et al. (2025) y Chen et al. (2025) combinan SIG con modelos estadísticos avanzados para analizar la seguridad vial, demostrado no solo de donde se concentran los problemas, sino también porque ocurren y que variables del entorno vial los explica (Mahato, y otros, 2025).

Al mismo tiempo, los trabajos de Xu y Zhu (2024) y Hu et al. (2024) incorporan diseños cuasiexperimentales (DID) y análisis multicriterio para evaluar efectos distributivos de grandes proyectos de transporte, por ende, en estos casos, las variables claves son la accesibilidad, la conectividad y las condiciones del entorno construido y la efectividad de los métodos está

directamente relacionada con la disponibilidad de datos longitudinales y marcos de planificación más centralizados.

Por su parte en Europa presenta enfoques altamente normativizados, donde la evaluación de infraestructura vial se integra de forma sistemática con los objetivos de sostenibilidad, conectividad ecológica y coherencia territorial, en donde las investigaciones de Stoica-Fuchs (2021) y Gurrutxaga y Saura (2014) muestran un uso intensivo de SIG y modelos espaciales para evaluar la vulnerabilidad climática y la fragmentación del paisaje en donde también se incorpora los criterios ecológicos en la priorización de intervenciones (Stoica-Fuchs, 2021); (Gurrutxaga & Saura, 2014). Por otro lado, a nivel económico, estudios como los de Schulz y Geis (2015) y Yen et al. (2020) reflejan una fuerte dependencia de esquemas de análisis costo – beneficios regulados, donde las variables institucionales y normativas tienen un peso determinante en la aplicación de los métodos, por ende, la efectividad metodológica se encuentra asociada a la estandarización de los criterios, la exigencia regulatoria y la articulación entre políticas sectoriales (Schulz & Geis, 2015).

La Tabla 12 muestra la comparación que se evidencia dentro de los métodos de evaluación de impacto por variable estructural y de forma contextual

Tabla 11 - Comparación de métodos de evaluación de impacto por variables estructurales y contextuales

Variable de comparación	de América Latina y el Caribe	Asia	Europa
Tipo predominante de proyectos viales	Carreteras rurales, corredores secundarios, vías en zonas de riesgo climático	Autopistas, ferrocarriles, urbanas y periurbanas de gran escala	Redes viales consolidadas, proyectos de optimización, mitigación y reconversión
Poblaciones vulnerables analizadas	Comunidades rurales, poblaciones indígenas, zonas periurbanas empobrecidas	Usuarios vulnerables (peatones, mujeres), población urbana densa, zonas rurales rezagadas	Población rural envejecida, territorios periféricos, ecosistemas protegidos
Tipo de impacto priorizado	Ambiental y social (riesgo, exposición, resiliencia)	Social y económico (accesibilidad, seguridad, territorial)	Ambiental y económico (sostenibilidad, conectividad ecológica, eficiencia)
Métodos más utilizados	EIA, SIG descriptivo, análisis de riesgo, estudios de caso	SIG avanzado, modelos estadísticos, DID/DDD, análisis multicriterio	Análisis costo-beneficio (BCA), modelación climática, SIG ecológico
Nivel de sofisticación metodológica	Medio: énfasis en diagnóstico y caracterización	Alto: enfoques explicativos y causales	Alto: enfoques predictivos y normativos

VARIABLES CLAVES CONSIDERADAS	Riesgo climático, exposición territorial, fragilidad institucional	Accesibilidad, seguridad, densidad, construido	vial, entorno	Fragmentación ecológica, emisiones, costos futuros, resiliencia
ESCALA DE ANÁLISIS PREDOMINANTE	Local y regional	Local, regional	urbana y	Regional, nacional y ecosistémica
DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DE DATOS	Limitada o heterogénea	Media–alta, con bases estadísticas robustas	con bases estadísticas robustas	Alta, con sistemas consolidados de información
MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL	Normativa ambiental formal con seguimiento	Planeación centralizada y fuerte capacidad técnica	Planeación centralizada y fuerte capacidad técnica	Alta exigencia normativa y cumplimiento regulatorio
ENFOQUE DE EVALUACIÓN DOMINANTE	Preventivo y precautorio	Explicativo (identifica causas y efectos)	Explicativo (identifica causas y efectos)	Predictivo y estratégico
FORTALEZAS PRINCIPALES	Identificación temprana de riesgos y vulnerabilidades	Alta capacidad explicativa comparativa	Alta capacidad explicativa comparativa	Integración de sostenibilidad y largo plazo
LIMITACIONES RECURRENTES	Baja integración económica y causal; débil implementación	Dependencia de grandes volúmenes de datos	Dependencia de grandes volúmenes de datos	Menor atención a desigualdades sociales micro
ADAPTABILIDAD DE LOS MÉTODOS	Alta necesidad de adaptación contextual	Moderada adaptación según región	Moderada adaptación según región	Baja necesidad de adaptación
APORTES CLAVE A LA EVALUACIÓN DE	Visibilización de vulnerabilidad	Medición de desigualdad	Medición de desigualdad y	Integración ambiental–

impacto	territorial	eficiencia	económica
----------------	-------------	------------	-----------

Nota: esta tabla representa el análisis documental de métodos y enfoques utilizados para evaluar el impacto de proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables

Primero, un análisis comparativo de la literatura muestra que los métodos de evaluación de impacto en proyectos de infraestructura vial no tienen defectos de diseño inherentes; más bien, sus limitaciones surgen principalmente de desajustes entre la técnica utilizada y el contexto institucional, territorial y socioeconómico en el que se implementan. Los enfoques metodológicos, ya sean económicos, espaciales, multicriterio o ambientales, han demostrado capacidad analítica en diversos contextos; sin embargo, su efectividad depende de la coherencia entre las suposiciones del método (disponibilidad de datos, estabilidad institucional, escalas de análisis) y las condiciones reales del territorio evaluado, por lo que este concepto trasciende la literatura revisada y permite superar una lectura simplista que atribuye los malos resultados a deficiencias técnicas aisladas (Wu, Wang, Chi, Zhong, & Song, 2022).

La literatura en América Latina y el Caribe muestra que la evaluación de proyectos viales se lleva a cabo en entornos caracterizados por altos niveles de vulnerabilidad social, exposición climática y fragilidad institucional, lo que influye significativamente en la elección metodológica. En estas situaciones, los estudios tienden a priorizar el diagnóstico de riesgos, la identificación de amenazas ambientales y la caracterización de poblaciones vulnerables, así como la medición integral de la eficiencia económica o los efectos causales a largo plazo. Esto se refleja en el uso generalizado de evaluaciones de impacto ambiental (EIA), análisis descriptivos de SIG y estudios de riesgo, donde el objetivo principal es anticipar daños y minimizar la exposición antes de maximizar los beneficios marginales.

Este enfoque metodológico responde a una lógica contextual: en áreas donde la capacidad del estado para la supervisión, el control y el seguimiento es limitada, la evaluación desempeña un papel preventivo y precautorio además de uno estratégico. La investigación realizada en Brasil y otras partes del país muestra que el énfasis en los riesgos climáticos, como deslizamientos, inundaciones o fallos estructurales, se debe a la urgencia de proteger la infraestructura crítica y las comunidades vulnerables en lugar de a preferencias políticas arbitrarias. En este sentido, la gobernanza se convierte en un factor crucial: cuando las fronteras institucionales son débiles, las personas se centran en lo que es observable y medible a nivel territorial, incluso si hacerlo significa sacrificar una integración explicativa o económica profunda.

Por otro lado, la literatura asiática se inclina claramente hacia enfoques explicativos y causales, particularmente en países con una fuerte capacidad estatal y sistemas estadísticos consolidados. La investigación realizada en China, India o Senegal demuestra el uso sistemático de modelos económicos, diseños cuasiexperimentales (como Diferencias en Diferencias o Diferencias Triples) y análisis multicriterio avanzados enfocados en identificar no solo qué impactos ocurren, sino también por qué y en qué circunstancias. Esta fortaleza metodológica se basa en la disponibilidad de datos longitudinales, bases administrativas sólidas y una planificación centralizada que facilita la comparación de diferentes regiones y períodos de tiempo.

En estos contextos asiáticos, la infraestructura vial se analiza como una herramienta de desarrollo público capaz de cambiar el acceso, la desigualdad y los patrones de desarrollo regional. Como resultado, los métodos priorizan factores como la accesibilidad, la conectividad, la seguridad vial y la distribución de beneficios, mientras incorporan controles estadísticos que

permiten el análisis de efectos específicos. La literatura demuestra que esta capacidad de explicación fortalece la toma de decisiones, pero también implica altos requisitos técnicos que no siempre son transferibles a regiones con menor capacidad institucional, como América Latina.

En Europa, la evaluación de impacto está consagrada en un marco regulatorio altamente estructurado que dirige los enfoques hacia la sostenibilidad, la resiliencia y la planificación estratégica a largo plazo. Los estudios europeos examinados demuestran una fuerte integración entre la evaluación económica, ambiental y territorial, con un énfasis en la conectividad ecológica, la mitigación de emisiones y la adaptación al cambio climático. Aquí, los métodos no solo explican los impactos pasados, sino que también tienen como objetivo predecir escenarios futuros, apoyando la modelización climática, el análisis del ciclo de vida y los SIG ecológicos.

Este enfoque responde a una situación en la que la infraestructura vial ya ha sido ampliamente desarrollada, y los desafíos se centran en su conversión, mantenimiento y compatibilidad con los objetivos ambientales y sociales. Los altos estándares de la Unión Europea permiten que los métodos incorporen criterios complejos sin perder viabilidad operativa, pero la literatura también señala que estos enfoques pueden ser menos sensibles a la desigualdad social a nivel micro o a poblaciones altamente específicas porque operan a escalas más grandes.

Esta búsqueda tiene implicaciones críticas para el cambio de enfoque. Importar modelos causales complejos a contextos con datos de baja calidad o institucionalidad débil puede dar lugar a resultados técnicamente sofisticados, pero operativamente irrelevantes. De la misma manera, limitar la evaluación a diagnósticos descriptivos en contextos con alta capacidad analítica podría no aprovechar plenamente el potencial para aclarar las prácticas actuales. La literatura coincide en que el desafío no es elegir el "mejor método", sino ajustar el método

apropiado al contexto específico. Y así, el análisis integrado muestra que los métodos para evaluar el impacto de la infraestructura vial también deben entenderse como herramientas cuyo valor depende de su capacidad para interactuar con las condiciones sociales, ambientales e institucionales del territorio. Por lo tanto, la evaluación de la infraestructura en poblaciones vulnerables requiere, por lo tanto, superar los enfoques estandarizados y avanzar hacia metodologías apropiadas para el contexto, que puedan equilibrar la precisión técnica, la eficiencia operativa y la relevancia social.

3. Conclusiones

El presente trabajo de investigación permitió analizar de manera sistemática los métodos y enfoques utilizados en la literatura científica para evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales de los proyectos de infraestructura vial en poblaciones vulnerables. A partir de una revisión documental estructurada y comparativa, se evidenció que la evaluación de la infraestructura vial constituye un campo metodológicamente diverso, cuya elección de herramientas no depende únicamente de criterios técnicos, sino de las condiciones institucionales, territoriales y sociales de los contextos en los que se aplican.

En relación con el primer objetivo específico, se identificó que la producción académica se concentra principalmente en estudios con enfoque económico, seguidos por investigaciones sociales y ambientales. Esta distribución refleja una priorización histórica de la eficiencia financiera y la sostenibilidad del gasto público, aunque se observa una tendencia creciente hacia la incorporación de dimensiones sociales y territoriales, especialmente mediante el uso de sistemas de información geográfica y análisis de accesibilidad.

Respecto al segundo objetivo específico, el análisis comparativo evidenció que no existe un método universalmente aplicable para evaluar los impactos de la infraestructura vial en poblaciones vulnerables. En América Latina y el Caribe predominan enfoques preventivos y descriptivos orientados a la gestión del riesgo, mientras que en Asia se destacan los métodos causales y explicativos, y en Europa los enfoques integrados y normativos centrados en la sostenibilidad y esta diversidad confirma que la efectividad metodológica depende de la coherencia entre el método seleccionado y el contexto institucional y territorial.

En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que las variables más recurrentes en la literatura incluyen costos de ciclo de vida, accesibilidad, seguridad vial, riesgo climático y fragmentación territorial. No obstante, también se identificaron brechas metodológicas importantes, particularmente en la integración de impactos distributivos, en la consideración de costos futuros no internalizados y en la articulación efectiva entre dimensiones económicas, sociales y ambientales.

De manera general, los resultados demuestran que la evaluación del impacto de la infraestructura vial en poblaciones vulnerables debe concebirse como un proceso multidimensional, contextualizado y adaptativo. La infraestructura no genera beneficios homogéneos, sino efectos diferenciados que pueden contribuir tanto a la reducción como a la profundización de desigualdades territoriales, dependiendo del diseño, la localización y la gestión del proyecto.

Este estudio aporta al campo de la evaluación de impacto al ofrecer una síntesis crítica de los enfoques metodológicos existentes, identificando sus fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora. En este sentido, la investigación contribuye a fortalecer la comprensión académica y técnica de la infraestructura vial como un fenómeno social, económico y ambientalmente

interdependiente, y resalta la necesidad de avanzar hacia evaluaciones más integrales, equitativas y orientadas a la sostenibilidad territorial

4. Recomendaciones

Basándose en los resultados obtenidos, se recomienda que las futuras investigaciones en este campo avancen hacia un enfoque de evaluación integrado que conecte sistemáticamente las dimensiones económica, social y ambiental, superando así las limitaciones de los análisis fragmentados que impiden comprender el impacto real en los grupos vulnerables, de esta forma la integración de un marco de análisis multidimensional permite capturar mejor las interacciones entre eficiencia, equidad y sostenibilidad. Además, se recomienda fortalecer el uso de métodos mixtos que combinen herramientas cuantitativas como el análisis espacial, la modelización multicriterio y técnicas econométricas, con enfoques cualitativos que permitan comprender las dinámicas sociales, institucionales y territoriales.

En el caso de América Latina y el Caribe, no es recomendable adoptar metodologías desarrolladas en contextos con mayor capacidad institucional, como las que se utilizan ampliamente en Europa o Asia, ya sea directa o críticamente y además, se recomienda integrar profundamente el cambio climático y la resiliencia como elementos centrales transversales en la evaluación de proyectos de infraestructura vial, especialmente en áreas expuestas a amenazas hidrometeorológicas como inundaciones, deslizamientos de tierra y fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes. La integración de escenarios de riesgo futuro, modelado climático y análisis de vulnerabilidad puede permitir un enfoque preventivo y adaptativo que va más allá de las evaluaciones a corto plazo y además, es esencial incluir en el proceso de toma de decisiones los costos no internalizados, como el aumento de los costos de mantenimiento, la

pérdida de conectividad, el impacto ambiental acumulado y los efectos sociales indirectos que surgen durante el ciclo de vida de la infraestructura

Referencias Bibliográficas

- Akpan, U., & Morimoto, R. (2022). *An application of Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) to the prioritization of rural roads to improve rural accessibility in Nigeria*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012122000349>: Socio-Economic Planning Sciences, 82, 101256.
- Ampadu, S. I., & Addison, F. K. (2017). *A comparison between the life cycle cost of gravel and of bituminous surfacing options for feeder roads in Ghana*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10298436.2015.1065990>: International Journal of Pavement Engineering, 18(3), 228-235.
- CEPAL. (2005). *La seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe: situación actual y desafíos*. Obtenido de NU. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6296-la-seguridad-vial-la-region-america-latina-caribe-situacion-actual-desafios?>
- CEPAL. (2025). *Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual*. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe: https://www.cepal.org/es/publicaciones/6441-desarrollo-infraestructura-crecimiento-economico-revision-conceptual?utm_source=chatgpt.com
- Chauvet, P. (2019). *Transporte de carretera en América Latina: evolución de la infraestructura y de sus impactos entre 2007 y 2015*. Obtenido de Boletín FAL, CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstreams/59ca6cc5-83c8-4422-b5ab-807a7244efdb/download?utm_source=chatgpt.com
- Chen, Y., Tian, Y., Ouyang, Z., & Zhu, J. (2025). *Influence of road environmental factors on traffic accidents involving vulnerable road users through negative binomial models*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0317601>: PloS one, 20(2), e0317601.

- DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026* . Obtenido de Departamento Nacional de Planeación: <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026?>
- EQUATOR PRINCIPLES. (2020). *The Equator Principles (EP4)*. Obtenido de https://equator-principles.com/app/uploads/The-Equator-Principles_EP4_July2020.pdf
- Evans, G. (2009). *Accessibility, urban design and the whole journey environment* . [https://www.ingentaconnect.com/content/alex/benv/2009/00000035/00000003/art00006:](https://www.ingentaconnect.com/content/alex/benv/2009/00000035/00000003/art00006) Built environment, 35(3), 366-385.
- Findeter. (2024). *Infraestructura vial y economía,” Financiera de Desarrollo Territorial*. Obtenido de [findeter.gov.co: https://www.findeter.gov.co/system/files/internas/Infraestructura-vial-y-economia-web.pdf](https://www.findeter.gov.co/system/files/internas/Infraestructura-vial-y-economia-web.pdf)
- González-González, E., & Nogués, S. (2019). *Long-term differential effects of transport infrastructure investment in rural areas* . [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856417306201:](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856417306201) Transportation Research Part A: Policy and Practice, 125, 234-247.
- Gurrutxaga, M., & Saura, S. (2014). *Prioritizing highway defragmentation locations for restoring landscape connectivity*. [https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/prioritizing-highway-defragmentation-locations-for-restoring-landscape-connectivity/D4556A343A70D62FAA530D6DC03E0E10:](https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/prioritizing-highway-defragmentation-locations-for-restoring-landscape-connectivity/D4556A343A70D62FAA530D6DC03E0E10) Environmental Conservation, 41(2), 157-164.
- He, G., Xie, Y., & Zhang, B. (2020). *Expressways, GDP, and the environment: The case of China*. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387820300602:](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387820300602) Journal of Development Economics, 145, 102485.
- International Labour Organization. (2025). *Indigenous and Tribal Peoples Convention, 1989 (No. 169), 1989*. Obtenido de [normlex.ilo.org: https://normlex.ilo.org/dyn/nrmlx_en/f?p=NORMLEXPUB:55:0::NO::P55_TYPE%2CP55_LANG%2CP55_DOCUMENT%2CP55_NODE:REV%2Cen%2CC169%2C%2FDocument](https://normlex.ilo.org/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:55:0::NO::P55_TYPE%2CP55_LANG%2CP55_DOCUMENT%2CP55_NODE:REV%2Cen%2CC169%2C%2FDocument)
- Karimi, A., Mishra, A., Natarajan, K. V., & Sinha, K. (2024). *Toward Advancing Women’s Health in Least Developed Countries: Evaluating Contraceptive Distribution Models in*

- Senegal*. . <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/msom.2021.0488>: Manufacturing & Service Operations Management, 26(3), 873-892.
- Kellett, J., Morrissey, J., & Karuppanan, S. (2012). *The impact of location on housing affordability*. . <https://mic.elsevierpure.com/en/publications/the-impact-of-location-on-housing-affordability>: In 6th Australasian Housing Researchers' Conference, AHRC 2012.
- Li, L., Uyttenhove, P., & Van Eetvelde, V. (2020). *Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk—A methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618301725>: Landscape and Urban Planning, 194, 103703.
- Mahato, R. K., Htike, K. M., Kafle, A., Gewali, V., Kafle, A., & Sharma, V. (2025). *Spatial distribution and cluster analysis of road traffic accidents in Nepal*. . <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0331333>: PloS one, 20(8), e0331333.
- Morton, B. S., & Horak, E. (2006). *A life cycle cost analysis of the Gauteng to Durban freight corridor: Introduction to study*. Obtenido de <https://repository.up.ac.za/bitstreams/2c2945d0-9ad7-467f-a848-378416186c86/download>
- Muzira, S., & Qiao, W. (2022). *To pave or not to pave: a framework for systematic decision making in the choice of paving technologies for rural roads*. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/03611981221076446>: Transportation research record, 2676(7), 46-54.
- Namara, W. G., Damisse, T. A., & Tufa, F. G. (2022). *Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for flood inundation mapping, the case of Awash bello flood plain, upper Awash River Basin, oromiya regional state, Ethiopia*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-021-01166-9>: Modeling Earth Systems and Environment, 8(2), 1449-1460.
- Ndidi, N. F., & Nduka, O. V. (2014). *Flood risks analysis in a littoral African city: Using geographic information system*. https://www.academia.edu/download/38856379/Geographic_Information_Systems__Tec

- hniques__Applications_and_Technologies.pdf#page=297: Geographic Information Systems (GIS): Techniques, Applications, and Technologies, 279-316.
- Onayev, A., Espey, C., & Swei, O. (2022). *What explains the rising price of highway infrastructure?* [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0001058](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001058): Journal of Management in Engineering, 38(4), 04022030. .
- Prokopyev, E., Roslyakova, N., & Ryazantsev, P. (2018). *imate change impact assessment on the temporary transport infrastructure.* <https://elibrary.ru/item.asp?id=38676114>: In Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020 (pp. 1894-1903).
- Rambonilaza, T., Dube, J., & Ay, J. S. (2024). *External costs of high-voltage overhead transmission lines: Evidence from a causal approach in rural France.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925524002269>: Environmental Impact Assessment Review, 109, 107639.
- Rau, H., & Vega, A. (2012). *Spatial (Im) mobility and Accessibility in Ireland: implications for Transport Policy.* . <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2257.2012.00602.x>: Growth and Change, 43(4), 667-696.
- Rose Santos, J., Varghese, V., Chikaraishi, M., & Uchida, T. (2021). *Integrated framework for risk and impact assessment of sediment hazard on a road network.* <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/03611981211016462>: Transportation Research Record, 2675(7), 602-615.
- Rweyendela, A. G., & Mwegoha, W. J. (2022). *The treatment of climate change impacts and adaptation in the environmental impact assessment of the standard Gauge railway project in Tanzania.* Climate and Development, 14(3), 239-249.
- Sarrazin, R., & De Smet, Y. (2016). *Solving a Multicriteria Road Design Problem: A Practical Example.* . https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-39292-9_7: In Multiple Criteria Decision Making: Applications in Management and Engineering (pp. 113-136). Cham: Springer International Publishing.
- Schulz, W., & Geis, I. (2015). *Future role of cost-benefit analysis in intelligent transport system-research.* . <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1049/iet-its.2014.0203>: IET Intelligent Transport Systems, 9(6), 626-632.
- Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X., & Tarbert, M. (2014). *Climate change and infrastructure impacts: Comparing the impact on roads in ten countries through 2100.*

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814010595>: Procedia Engineering, 78, 306-316.
- Singh, A. P., Wagale, M., Dhadse, K., & Singh, A. (2022). *Socioeconomic impacts of low-volume roads using a GIS-based multidimensional impact assessment approach*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01723-3>: Environment, Development and Sustainability, 24(5), 6676-6701.
- Stoica-Fuchs, B. (2021). *Assessing the vulnerability of transport network to flood hazard using GIS analysis. Case study along Orient-East Med TEN-T Corridor, on Timiș-Cerna Valley, Romania*. . https://www.researchgate.net/profile/Beniamin-Stoica-Fuchs-2/publication/356578931_Assessing_the_vulnerability_of_transport_network_to_flood_hazard_using_GIS_analysis_Case_study_along_Orient-East_Med_TEN-T_Corridor_on_Timis-Cerna_Valley_Romania/links/621d: Present Environment & Sustainable Development, 15(2).
- Strieder, H. L., Soares, I. C., Isatto, E. L., & Núñez, W. P. (2025). *Landslide risk Assessment for highways under Climate change: a Brazilian case study*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14488353.2025.2545735>: Australian Journal of Civil Engineering, 1-13.
- SWAN, D., HAJEK, J., HEIN, D., & JACQUES, B. (2007). *Estimation of Investment Requirements to Preserve the Canadian Roadway Infrastructure*. Obtenido de Transportation-An Economic Enabler (Les Transports: Un Levier Economique) Transportation Association of Canada (TAC).: <https://trid.trb.org/View/858979>
- United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Obtenido de A/RES/70/1: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- Vanclay, F. (2003). *International Principles For Social Impact Assessment*. Obtenido de Impact assessment and project appraisal, 21(1), 5-12.: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3152/147154603781766491>
- Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). *Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia*. . Obtenido de Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 28(2), 121-156.: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702018000200121&script=sci_arttext

- Wu, P., Wang, P., Chi, H. L., Zhong, Y., & Song, Y. (2022). *Exploring factors affecting transport infrastructure performance: Data-driven versus knowledge-driven approaches*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9847004/>: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 23(12), 24714-24726.
- Xu, Y., & Zhu, S. (2024). *Transport infrastructure, intra-regional inequality and urban-rural divide: Evidence From China's high-speed rail construction*. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/01600176231177672>: International Regional Science Review, 47(3), 378-406.
- Yen, B. T., Mulley, C., & Zhang, M. (2020). *Equity in financing public transport infrastructure: Evaluating funding options*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X19309771>: Transport Policy, 95, 68-77.
- Żukowska, S., Chmiel, B., & Połom, M. (2023). *The smart village concept and transport exclusion of rural Areas*. <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/1/260>: A case study of a village in Northern Poland. Land, 12(1), 260.

Apéndices

Matriz de categorización de enfoques metodológicos basada en tipo de impacto y criterios de diseño
 Apéndice 1 - Matriz de categorización

Tipo de impacto	Autor(es), año	Objetivo metodológico principal	Enfoque metodológico	Escala de análisis	Técnicas utilizadas	Tipo de datos	Contexto de aplicación	Variables claves analizadas	Fortalezas del enfoque	Limitaciones identificadas	Aporte para la investigación
Económico	Ampadu & Addison (2017)	Comparar alternativas de pavimento considerando costos reales	Análisis de costos de ciclo de vida (LCCA)	Proyecto / tramo vial	Modelos de costos, proyecciones de mantenimiento	Cuantitativos	Caminos rurales (Ghana)	Costos iniciales, mantenimiento, vida útil	Permite estimar sostenibilidad financiera real	No incorpora impactos sociales o ambientales	Base para evaluar eficiencia económica en contextos vulnerables

Económico	Morton et al. (2006; 2007)	Evaluar sostenibilidad económica de corredores viales	LCCA aplicado a corredores	Corredor regional	Análisis financiero de mantenimiento	Cuantitativos	Corredores logísticos (Sudáfrica)	Costos de mantenimiento, deterioro	Visión de largo plazo del gasto público	Dependencia de supuestos económicos	Evidencia que el impacto económico es acumulativo
Económico	Cisne et al. (2007)	Estimar necesidades de inversión para redes completas	Modelos de proyección de inversión	Red nacional	Modelación económica	Cuantitativos	Infraestructura vial nacional (Canadá)	Inversión requerida, déficit acumulado	Útil para planeación macro	Escasa sensibilidad territorial	Apoya análisis estructural del impacto económico
Económico	Muzira & Qiao (2022)	Priorizar tecnologías viales en contextos rurales	Análisis multicriterio (SPADE)	Proyecto / local	MCDA	Mixtos	Comunidades rurales vulnerables	Costos, contexto socioeconómico	Integra más que costo	Requiere juicio experto	Refuerza decisiones adaptadas al contexto
Económico	Akpan & Morimoto (2022)	Priorizar caminos rurales	MAUT (multicriterio)	Local / regional	Análisis multicriterio	Mixtos	Zonas rurales (Nigeria)	Accesibilidad, beneficio social	Sensible a vulnerabilidad	Resultados dependen de ponderaciones	Vincula impacto económico con equidad

Social	Mahato et al. (2025)	Identificar zonas críticas de accidentes	SIG + autocorrelación espacial	Local / regional	Moran's I, LISA	Cuantitativos espaciales	Nepal	Frecuencia de accidentes	Localiza desigualdad espacial	No explica causas profundas	Base espacial para análisis social
Social	Chen et al. (2025)	Explicar factores de riesgo para usuarios vulnerables	Modelos binomiales negativos	Micro / local	Estadística inferencial	Cuantitativos	China	Iluminación, vía, entorno	Identifica variables causales	No integra contexto territorial	Complementa análisis espacial
Social	Hu et al. (2024)	Medir accesibilidad a servicios de salud	SIG + optimización	Urbana	Modelos de accesibilidad	Cuantitativos	Ciudades subdesarrolladas	Tiempo, distancia, cobertura	Enfoque de equidad territorial	Dependencia de big data	Relación infraestructura-justicia social
Social	Preciado et al. (2023)	Medir desigualdad en acceso recreativo	SIG de accesibilidad	Urbana	Análisis espacial	Cuantitativos	Áreas urbanas	Modos de transporte	Visualiza exclusión	Enfoque sectorial	Transferible a servicios básicos
Social	Żukowska et al. (2023)	Analizar exclusión en transporte rural	Estudio de caso cualitativo	Local	Entrevistas + SIG	Mixtos	Zonas rurales (Polonia)	Acceso, aislamiento	Profundidad contextual	No generalizable	Explica exclusión estructural

Social	Rau & Vega (2012)	Analizar accesibilidad y política pública	Análisis espacial + políticas	Nacional	SIG + análisis documental	Mixtos	Irlanda	Movilidad, inclusión	Vinculación método-política	Contexto específico	Marco normativo transferible
Social	Higgs et al. (2022)	Evaluar acceso a servicios financieros	SIG de accesibilidad	Nacional	Análisis espacial	Cuantitativos	Reino Unido	Distancia, cobertura	Método robusto	No vial directo	Metodología transferible
Ambiental	Stoica-Fuchs (2021)	Evaluar riesgo de inundación vial	SIG de vulnerabilidad	Red regional	Modelos espaciales	Cuantitativos	Rumanía	Inundación, exposición	Prevención territorial	Dependencia de datos	Gestión de riesgo vial
Ambiental	Devanand & Kundapura (2021)	Mapear inundaciones en red vial	SIG + HEC-RAS	Cuenca / local	Modelación hidráulica	Cuantitativos	India	Nivel de agua, flujo	Alta precisión	Requiere datos técnicos	Anticipación de impactos
Ambiental	Santos et al. (2021)	Integrar riesgo-impacto-funcionalidad	Marco integrado	Red vial	Análisis sistémico	Mixtos	Japón	Sedimentos, conectividad	Visión sistémica	Complejidad técnica	Modelo replicable
Ambiental	Strieder et al. (2025)	Analizar riesgo climático vial	Modelos climáticos + geotecnia	Local	Modelación de riesgo	Cuantitativos	Brasil	Deslizamientos	Adaptación climática	Caso único	Infraestructura resiliente

Ambiental	Prokopyev et al. (2018)	Evaluar impacto climático en infraestructuras	Evaluación ambiental prospectiva	Regional	Proyecciones climáticas	Cuantitativos	Regiones frías	Durabilidad	Visión futura	Infraestructura temporal	Cambio climático
Ambiental	Gurrutxa & Saura (2014)	Reducir fragmentación ecológica	SIG ecológico	Ecosistémica	Indicadores de conectividad	Cuantitativos	Áreas naturales	Fragmentación	Enfoque ecológico	No social/económico	Impacto ambiental estructural
Ambiental	Rweyendela & Mwegoha (2022)	Evaluar integración climática en EIA	Revisión documental	Proyecto	Análisis normativo	Cualitativos	Tanzania	Cambio climático	Crítica regulatoria	No cuantitativo	Brecha ciencia-política

Nota: Realización propia