

Departamento de Posgrado y Educación Continua

Prefactibilidad y Diseño Técnico para la Rehabilitación del Tramo Carretero Los Ángeles - San Francisco (23 km), en el Municipio de Nueva Guinea, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS)

Tesis para la obtención del grado de
Máster en Gerencia de Proyectos de Desarrollo

Elaborado por:

Ing. Oscar José
Rodríguez
Montenegro

Tutor:

Prof. Juan Asdrúbal
Flores Pacheco,
Ph.D.



AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y guía en cada paso de este camino académico y profesional. Su presencia constante ha sido la inspiración para culminar con éxito este proyecto, orientado al servicio y bienestar de las comunidades de nuestra Costa Caribe Sur.

A la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), por la oportunidad de formación en el programa de Maestría en Gerencia en Proyectos de Desarrollo, espacio en el que reafirmé mi compromiso con el desarrollo sostenible y la aplicación del conocimiento técnico al progreso del país.

Mi más sincero reconocimiento al Prof. Juan Asdrúbal Flores Pacheco, Ph.D., tutor de esta investigación, por su orientación científica, su acompañamiento constante y su rigurosidad académica, que fortalecieron la calidad técnica y metodológica de este estudio.

Extiendo mi agradecimiento a las autoridades del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), a la Alcaldía de Nueva Guinea y a la Secretaría de Recursos Naturales (SERENA), por su colaboración en el acceso a información técnica, cartográfica y ambiental indispensable para el desarrollo del proyecto.

A mi familia, por su amor, paciencia y apoyo incondicional; por ser la base sobre la cual se construye cada logro y la motivación que impulsa a seguir adelante en cada desafío.

Finalmente, dedico este trabajo a las comunidades de Los Ángeles, San Francisco, El Danto y Nueva Holanda, cuya participación, confianza y esperanza inspiran el propósito de esta obra: contribuir a una infraestructura más humana, sostenible y equitativa para todos.



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un estudio de prefactibilidad y diseño técnico para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km), ubicado en el municipio de Nueva Guinea, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), con el fin de evaluar su viabilidad técnica, económica, ambiental y social. La problemática identificada se relaciona con el deterioro del camino existente, que limita la movilidad, encarece el transporte y reduce el acceso a servicios básicos. El estudio adoptó un enfoque mixto de tipo descriptivo y analítico, empleando levantamientos topográficos, ensayos de suelo, entrevistas comunitarias y la aplicación de la Matriz de Leopold para la evaluación de impactos ambientales. Se compararon tres alternativas de intervención, considerando costos, durabilidad e impacto ambiental, seleccionándose la rehabilitación reforzada como la opción óptima. Los resultados técnicos evidenciaron condiciones favorables del terreno (CBR 25–30%) y disponibilidad de materiales locales. El proyecto presenta un costo estimado de 1.9 millones USD y un índice de impacto ambiental positivo (+18), con afectaciones temporales mitigables mediante el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS). La población beneficiaria (11,100 habitantes) expresó aceptación total del proyecto, reconociendo su relevancia económica y social. Se concluye que la propuesta es técnica y ambientalmente viable, promueve la inclusión territorial, reduce desigualdades y contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 13) mediante una infraestructura rural resiliente, participativa y sostenible.

Palabras claves: Infraestructura vial rural, Desarrollo sostenible, Gestión ambiental, Participación comunitaria Planificación territorial



ABSTRACT

This research aimed to develop a prefeasibility and technical design study for the rehabilitation of the Los Ángeles – San Francisco Road section (23 km), located in the municipality of Nueva Guinea, in the South Caribbean Coast Autonomous Region (RACCS), in order to assess its technical, economic, environmental, and social feasibility. The identified problem is related to the deterioration of the existing road, which limits mobility, increases transportation costs, and reduces access to basic services. The study adopted a mixed approach, both descriptive and analytical, using topographic surveys, soil tests, community interviews, and the application of the Leopold Matrix for environmental impact assessment. Three intervention alternatives were compared, considering cost, durability, and environmental impact, selecting the reinforced rehabilitation as the optimal option. Technical results showed favorable ground conditions (CBR 25–30%) and the availability of local materials. The project has an estimated cost of USD 1.9 million and a positive environmental impact index (+18), with temporary adverse effects mitigated through the Environmental and Social Management Plan (PGAS). The beneficiary population (11,100 inhabitants) expressed full support for the project, recognizing its economic and social importance. It is concluded that the proposal is technically and environmentally feasible, promotes territorial inclusion, reduces inequalities, and contributes to the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs 9, 11, and 13) through resilient, participatory, and sustainable rural infrastructure.

Keywords: Rural Road infrastructure, Sustainable development, Environmental management, Community participation, Territorial planning.



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL	1
1. Antecedentes.....	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Objetivos.....	4
3.1. Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. Justificación	5
4.1. Limitantes y riesgos.....	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Fundamentos conceptuales del estudio.....	9
2.1.1. Definición de infraestructura vial rural	9
2.1.2. Tipología de caminos vecinales: características técnicas y operativas.....	9
2.1.3. Concepto de prefactibilidad y perfil técnico en proyectos de desarrollo	9
2.1.4. Sostenibilidad y resiliencia en proyectos de infraestructura vial	10
2.1.5. Criterios de diseño vial conforme a la normativa NIC-2019 (MTI).....	10
2.2. Referentes teóricos	11
2.2.1. Enfoque sistémico-territorial aplicado a obras horizontales.....	11
2.2.2. Teoría de redes de accesibilidad y conectividad rural	11
2.2.3. Gestión integrada del riesgo en proyectos de infraestructura.....	12
2.2.4. Teoría del costo social del transporte rural	12
2.3. Estudios previos y buenas prácticas	12
2.3.1. Experiencias de rehabilitación vial en la RACCS y otras regiones de Nicaragua	13
2.3.2. Proyectos similares financiados por el MTI, UNOPS o Banco Mundial	13
2.3.3. Lecciones aprendidas en la rehabilitación de caminos vecinales de macadán	14
2.3.4. Modelos internacionales de diseño técnico y ambiental en caminos rurales ..	14



2.4.	Marco legal y normativo.....	14
2.4.1.	Normativa Técnica NIC-2019	15
2.4.2.	Ley No. 217: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.....	15
2.4.3.	Ley No. 720: Ley de Concertación para el Desarrollo del Sector Rural	15
2.4.4.	Directrices ambientales del Banco Mundial y UNOPS.....	16
2.5.	Relación del marco teórico con los objetivos del estudio	16
2.5.1.	Vinculación conceptual con el diagnóstico técnico y socioambiental.....	16
2.5.2.	Aportes del marco teórico al análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental	17
2.5.3.	Justificación del enfoque metodológico a partir de los referentes teóricos	17
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO		18
1.	Área de localización del estudio	18
2.	Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período	19
3.	Población, muestra	20
3.1.	Tipo de muestra y muestreo.....	21
3.2.	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	21
4.	Diseño.....	22
4.1.	Recolección de Datos	23
4.2.	Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad.....	24
5.	Operacionalización de variables	24
6.	Análisis de datos	26
6.1.	Análisis cuantitativo	26
6.2.	Análisis cualitativo	27
6.3.	Articulación de resultados	27
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO		28
4.1.	Estudio Técnico	28
4.1.1.	Introducción.....	28
4.1.2.	Descripción general del proyecto	29
4.1.3.	Viabilidad técnica	30
4.1.4.	Evaluación comparativa de alternativas	32
4.1.5.	Requerimientos de infraestructura, equipos y recursos	33
4.1.6.	Plan de mantenimiento vial sostenible	34
4.1.7.	Conclusiones del estudio técnico.....	34



4.2.	Estudio Ambiental	36
4.2.1.	Introducción.....	36
4.2.2.	Diagnóstico ambiental del área de influencia.....	36
4.2.3.	Marco normativo ambiental aplicable	38
4.2.4.	Identificación y evaluación de impactos	39
4.2.5.	Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS)	40
4.2.6.	Conclusiones del estudio ambiental	43
4.3.	Estudio Social.....	44
4.3.1.	Introducción.....	44
4.4.	Caracterización socioeconómica de la zona de influencia	44
4.5.	Impacto social del proyecto.....	46
4.6.	Aceptación social y participación ciudadana.....	47
4.6.1.	Beneficios sociales esperados.....	47
4.7.	Conclusiones del estudio social.....	48
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS 1		
5.1.	Introducción.....	1
5.2.	Hallazgos del estudio técnico	1
5.2.1.	<i>Condiciones geotécnicas y topográficas favorables</i>	1
5.2.2.	<i>Diseño estructural y funcional</i>	2
5.2.3.	<i>Evaluación de alternativas</i>	2
5.2.4.	<i>Eficiencia operativa y mantenimiento</i>	2
5.2.5.	<i>Análisis interpretativo</i>	3
5.3.	Hallazgos del estudio ambiental.....	3
5.3.1.	<i>Diagnóstico y valoración del entorno</i>	3
5.3.2.	<i>5.3.2. Evaluación de impactos ambientales</i>	3
5.3.3.	<i>Gestión ambiental preventiva y correctiva</i>	4
5.3.4.	<i>Cumplimiento normativo</i>	4
5.3.5.	<i>Análisis interpretativo</i>	4
5.4.	Hallazgos del estudio social	5
5.4.1.	<i>Perfil demográfico y socioeconómico</i>	5
5.4.2.	<i>Impactos sociales</i>	5
5.4.3.	<i>Percepción y participación comunitaria</i>	5



5.4.4. <i>Análisis interpretativo</i>	6
5.5. Análisis integral y holístico de los hallazgos.....	6
5.6. Contribución al desarrollo sostenible	7
5.7. Conclusión del capítulo	8
CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	9
6.1. Objetivos de la propuesta	9
6.1.1. Objetivo general	9
6.1.2. Objetivos específicos	10
6.2. Propuesta técnica de solución.....	10
6.2.1. Enfoque de diseño	10
6.2.2. Componentes del diseño.....	10
6.3. Propuesta ambiental.....	12
6.3.1. Enfoque de sostenibilidad.....	12
6.4. Propuesta social y de gestión participativa.....	14
6.4.1. Enfoque de gestión social.....	14
6.5. Propuesta financiera y de ejecución	15
6.5.1. Costo total estimado	15
6.5.2. Fuentes de financiamiento	15
6.5.3. Cronograma general de ejecución	16
6.6. Plan de mantenimiento sostenible	16
6.7. Evaluación de la propuesta	17
6.8. Conclusión del capítulo	18
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	19
7.1. Conclusiones generales.....	19
7.2. Conclusiones específicas por componente	21
7.2.1. <i>Componente técnico</i>	21
7.2.2. <i>Componente ambiental</i>	21
7.2.3. <i>Componente social</i>	21
7.3. Conclusión integradora.....	22
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....	23
8.1. Recomendaciones técnicas	23
8.2. Recomendaciones ambientales	24



8.3.	Recomendaciones sociales	25
8.4.	Recomendaciones institucionales	25
8.5.	Recomendaciones estratégicas para la sostenibilidad	26
8.7.	Conclusión del capítulo	27
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS		28
CAPÍTULO X: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS		31
1.	Presupuesto	31
2.	Cronograma	32
CAPÍTULO XI: ANEXOS		35
1.	Instrumentos de recolección de datos	35
2.	Guía de Entrevista Semiestructurada a Actores Clave.....	35
3.	Ficha Comunitaria de Evaluación de Acceso a Servicios.....	35
4.	Cuaderno de Campo / Bitácora Técnica	36
5.	Formato de Revisión Documental	36
6.	Guía para Grupo Focal Comunitario	36



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de diseño geométrico y estructural propuestos para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)	31
Tabla 2. Comparación técnica, económica y funcional de alternativas de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)	32
Tabla 3. Equipos de construcción y rendimientos promedio para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	33
Tabla 4. Plan de mantenimiento vial propuesto para el tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	34
Tabla 5. Marco jurídico ambiental aplicable al proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	38
Tabla 6. Matriz de Leopold – Resumen de impactos significativos	39
Tabla 7. Programa de medidas de mitigación ambiental	41
Tabla 8. Presupuesto ambiental estimado	42
Tabla 9. Análisis holístico de la interacción entre las dimensiones técnica, ambiental y social del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)...	6
Tabla 10. Contribución del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km) al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	7
Tabla 11. Estructura del pavimento.....	10
Tabla 12. Obras de drenaje proyectadas para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	11
Tabla 13. Roles y responsabilidades institucionales en la gestión participativa del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	14
Tabla 14. Presupuesto general estimado para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	15
Tabla 15. Cronograma general de ejecución	16
Tabla 16. Evaluación de desempeño técnico, ambiental, social, económico y de sostenibilidad del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km).....	17



CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL

1. Antecedentes

El desarrollo vial ha sido identificado como un factor determinante en la integración territorial, la dinamización económica y el acceso equitativo a los servicios básicos, especialmente en contextos rurales de países en vías de desarrollo (Banco Mundial, 2019). En Nicaragua, diversas investigaciones han evidenciado la relación directa entre la infraestructura vial y la reducción de la pobreza rural, al facilitar el acceso a mercados, servicios de salud, educación y empleo (Ministerio de Transporte e Infraestructura [MTI], 2021).

En la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), la expansión de la red vial ha presentado rezagos históricos debido a las condiciones climáticas extremas, la dispersión poblacional y la limitada inversión sostenida. La falta de caminos rurales en condiciones óptimas ha afectado de manera sistemática la competitividad de la producción agrícola y ganadera, predominante en municipios como Nueva Guinea (Alcaldía Municipal de Nueva Guinea, 2022).

El tramo carretero que conecta las comunidades de Los Ángeles y San Francisco, con una extensión de 23 km, ha sido clasificado como un camino vecinal no pavimentado, cuya capa de rodadura presenta deterioros severos. Este tipo de infraestructura, comúnmente revestida con macadán, evidencia deficiencias estructurales que limitan la transitabilidad durante buena parte del año, especialmente en temporada de lluvias (UNOPS, 2023).

El perfil técnico elaborado por el proyecto indica que los principales factores que contribuyen al deterioro del tramo incluyen el tránsito pesado de vehículos de carga, la inexistencia de un sistema de drenaje eficiente, el uso limitado de materiales estructurales adecuados y la falta de un plan de mantenimiento periódico (UNOPS, 2023). Además, el diagnóstico socioambiental revela que más de 11,000 personas —entre beneficiarios directos e indirectos— dependen de este tramo para su movilidad cotidiana, el acceso a servicios esenciales y la comercialización de sus productos agrícolas (Alcaldía Municipal de Nueva Guinea, 2022).

En términos ambientales, el tramo se ubica dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera del Río San Juan, lo que implica la necesidad de aplicar criterios de sostenibilidad y mitigación en toda intervención de infraestructura (MARENA, 2020). La presión sobre los recursos naturales, particularmente por el uso intensivo de los suelos, la deforestación y el uso de



agroquímicos, ha generado riesgos adicionales como la erosión, la contaminación de cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad (INETER, 2018).

Por tanto, el presente estudio de prefactibilidad técnica y diseño se enmarca en la necesidad de formular soluciones viales sostenibles, resilientes y adecuadas al contexto territorial, que garanticen la seguridad vial y fortalezcan el desarrollo socioeconómico local. Este enfoque responde a los principios orientadores de la infraestructura rural promovida por la Estrategia Nacional de Desarrollo de Nicaragua (Gobierno de Nicaragua, 2022), así como a las directrices establecidas por la normativa técnica nacional (NIC-2019) para proyectos de rehabilitación de caminos rurales.

2. Planteamiento del problema

En Nicaragua, el desarrollo de la infraestructura vial constituye uno de los principales retos para lograr la integración territorial, la mejora de la competitividad productiva y el acceso equitativo a servicios básicos. Esta situación se vuelve aún más crítica en territorios de la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), donde los caminos rurales representan el único medio de conexión entre comunidades, centros urbanos y mercados regionales (MTI, 2021).

En este contexto, el tramo carretero no pavimentado que conecta las comunidades de Los Ángeles y San Francisco, con una longitud aproximada de 23 kilómetros, ubicado en el municipio de Nueva Guinea, ha experimentado un deterioro progresivo y acelerado. Este tramo, clasificado como camino vecinal con superficie de rodadura de tipo macadán, presenta actualmente profundas deficiencias estructurales: baches extensos, erosión superficial, pegaderos en zonas críticas, ausencia de obras de drenaje funcionales y frecuentes anegamientos durante la temporada de lluvias (UNOPS, 2023). Estas condiciones afectan significativamente la transitabilidad, aumentando los tiempos de recorrido, los costos de operación vehicular y los riesgos de accidentes para los usuarios.

Las comunidades aledañas, cuya economía depende en gran medida de la producción agropecuaria y del comercio local, enfrentan una limitación estructural en su capacidad para transportar bienes hacia los mercados regionales. A esto se suma la afectación al acceso a servicios básicos como salud, educación y abastecimiento de insumos, generando un círculo de exclusión que compromete la calidad de vida de la población, mayoritariamente rural (Alcaldía Municipal de Nueva Guinea, 2022).

Si bien se han realizado intervenciones puntuales en otros tramos del municipio, la falta de planificación técnica integral, así como la ausencia de un esquema de mantenimiento periódico, han limitado la sostenibilidad de dichas intervenciones. La rehabilitación de este tramo requiere más que una respuesta correctiva inmediata: se necesita una propuesta técnicamente fundamentada que



incorpore criterios de resiliencia ante el cambio climático, sostenibilidad ambiental y viabilidad financiera, en cumplimiento con la Normativa Técnica NIC-2019 (MTI, 2021).

A partir de lo anterior, surge la necesidad de realizar un estudio de prefactibilidad y diseño técnico que evalúe integralmente la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco, con el propósito de formular soluciones viables, sostenibles y pertinentes al contexto territorial. Este estudio no solo permitirá estructurar técnicamente la intervención, sino que también constituirá una herramienta estratégica para la gestión de financiamiento y toma de decisiones por parte de las autoridades locales y nacionales.



3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Elaborar un estudio de prefactibilidad, a nivel de perfil técnico, para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles - San Francisco (23 km), en el municipio de Nueva Guinea, con el propósito de evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental.

3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1. Caracterizar el entorno del proyecto mediante la aplicación del enfoque de marco lógico, con el fin de identificar las principales necesidades territoriales y los objetivos estratégicos que orienten la intervención vial.
- 3.2.2. Evaluar la oferta y demanda del servicio vial, considerando las condiciones actuales y proyecciones futuras de movilidad en la zona de influencia directa e indirecta del tramo, incluyendo los patrones de uso, medios de transporte, frecuencia y actores involucrados.
- 3.2.3. Realizar análisis técnicos, financieros y económicos, que permitan estimar la factibilidad de rehabilitación del tramo en términos de diseño estructural, costos estimados, retornos sociales y económicos, y sostenibilidad operativa.
- 3.2.4. Evaluar el impacto ambiental del proyecto, incorporando criterios de gestión de riesgos, cambio climático, conservación de recursos naturales y mitigación de efectos adversos sobre los ecosistemas y las comunidades, conforme a la normativa ambiental vigente y estándares internacionales.



4. Justificación

La infraestructura vial constituye un eje transversal para el desarrollo sostenible, la integración territorial y el bienestar social, particularmente en regiones con limitaciones históricas de conectividad como la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) de Nicaragua. En este contexto, el tramo carretero Los Ángeles – San Francisco, de 23 km de longitud, localizado en el municipio de Nueva Guinea, representa un vínculo estratégico para la movilidad de personas, productos y servicios, articulando comunidades rurales con centros urbanos y mercados regionales.

Actualmente, dicho tramo se encuentra en condiciones críticas debido a la pérdida de capacidad estructural de su capa de rodadura de macadán, la ausencia de obras de drenaje eficientes y el deterioro causado por factores climáticos extremos y tránsito pesado. Esta situación obstaculiza el acceso oportuno a servicios esenciales como salud, educación, y comercialización de productos agrícolas y ganaderos, elevando los costos operativos del transporte y generando riesgos para la seguridad vial (UNOPS, 2023).

En términos económicos y sociales, la rehabilitación de esta vía adquiere relevancia al beneficiar directamente a más de 5,300 personas e indirectamente a más de 5,700, quienes dependen de este corredor para sus actividades cotidianas (Alcaldía Municipal de Nueva Guinea, 2022). El mejoramiento de la vía no solo permitiría reducir los tiempos y costos de transporte, sino que además estimularía la productividad agropecuaria, el comercio local y la generación de empleo en la zona de influencia, incrementando así la resiliencia socioeconómica del territorio.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto se sitúa en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera del Río San Juan, lo que exige un enfoque técnico que contemple medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. La incorporación de criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático resulta esencial para garantizar la durabilidad de la infraestructura, el resguardo de los ecosistemas locales y la protección de los recursos hídricos que abastecen a las comunidades (MARENA, 2020; INETER, 2018).

Asimismo, la elaboración de un estudio de prefactibilidad técnica, económica y ambiental responde a la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales para la planificación, priorización y gestión de inversiones públicas en infraestructura vial, conforme a las directrices de la Normativa Técnica NIC-2019 y la Estrategia Nacional de Desarrollo 2022–2026 del Gobierno de Nicaragua (MTI, 2021; Gobierno de Nicaragua, 2022).



Por todo lo anterior, esta investigación no solo se justifica por el deterioro físico del tramo, sino por su alto valor estratégico, económico, social y ambiental. El estudio de prefactibilidad permitirá formular propuestas técnicas viables, sostenibles y pertinentes, que sirvan de base para la gestión de financiamiento, la toma de decisiones gubernamentales y el desarrollo integral del municipio de Nueva Guinea y su entorno regional.



4.1.Limitantes y riesgos

Categoría	Descripción de la limitante o riesgo	Tipo	Observación / Recomendación
Condición física de la vía	Tramo con baches, zonas inestables (“pegaderos”), falta de capa de rodadura adecuada y deficiencia en drenaje.	Técnica	Requiere intervención integral con enfoque resiliente y materiales certificados.
Factores climáticos	Alta pluviosidad, afectación estacional por huracanes, y riesgos de escorrentía e inundación en zonas bajas.	Ambiental	Diseñar obras hidráulicas con base en curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) actualizadas (NIC-2019, MTI).
Suelos de baja capacidad	Predominancia de suelos Alfisoles con drenaje imperfecto y baja fertilidad estructural para carga vehicular.	Técnica	Complementar con estudios de geotecnia para validar diseño estructural de base y subbase.
Riesgo social	Posibles afectaciones durante la ejecución de obras (acceso peatonal, pasos de ganado, polvo, ruido, violencia de género, etc.).	Social	Aplicar medidas de mitigación desde el Programa de Gestión Ambiental y Social (PGAS).
Disponibilidad de materiales	Limitación de bancos de préstamo con volúmenes controlados; necesidad de permisos ambientales del MARENA y coordinación con propietarios privados.	Logística/Ambiental	Establecer convenios previos y actualizar los estudios de volumen útil disponible por banco.



Categoría	Descripción de la limitante o riesgo	Tipo	Observación / Recomendación
Financiamiento	Dependencia de asignaciones presupuestarias y procesos de gestión externa para completar la fase de ejecución.	Institucional	Contar con un expediente técnico robusto que facilite la presentación ante financiadores nacionales o multilaterales.
Vulnerabilidad ambiental	Ubicación dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ambiental de la Biósfera Río San Juan.		Priorizar prácticas de bajo impacto, reforestación, y monitoreo de fauna/flora durante y después de las obras.
Acceso limitado a servicios básicos	Deficiente cobertura de agua potable, alcantarillado y señal telefónica en algunas comunidades del área de influencia directa.	Social	Incluir como criterio de priorización los beneficios colaterales en la mejora del acceso a servicios básicos.
Gobernanza local	Posible debilidad en los procesos de fiscalización y mantenimiento posterior a la ejecución de la obra.	Institucional	Establecer un plan de mantenimiento participativo con las autoridades municipales y comités comunitarios.
Desplazamiento o afectación de activos	Presencia de viviendas o negocios cercanos al derecho de vía, aunque sin requerimientos de reasentamiento obligatorio.	Legal/Social	Garantizar la delimitación precisa del derecho de vía y aplicación de medidas de compensación si fueran necesarias.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos conceptuales del estudio

Este apartado tiene como propósito establecer los conceptos clave que sustentan la investigación, articulando los principios técnicos, normativos y de desarrollo que orientan los proyectos de rehabilitación vial en contextos rurales, particularmente en regiones de alta vulnerabilidad como la RACCS.

2.1.1. Definición de infraestructura vial rural

La infraestructura vial rural comprende el conjunto de caminos, puentes, cunetas, alcantarillas y demás obras asociadas que permiten la movilidad terrestre entre comunidades rurales, centros urbanos y territorios productivos. Según la *Política Nacional de Infraestructura Vial Rural* del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI, 2021), esta infraestructura representa una herramienta de cohesión territorial, al facilitar el acceso a servicios sociales y dinamizar las economías locales.

Los caminos rurales pueden clasificarse por su nivel de jerarquía funcional (primarios, secundarios, terciarios), y por su condición estructural (pavimentados, no pavimentados, de macadán o de tierra). Su diseño y mantenimiento deben considerar aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, garantizando su operatividad continua bajo condiciones climáticas adversas (FAO, 2020).

2.1.2. Tipología de caminos vecinales: características técnicas y operativas

Los caminos vecinales son vías no pavimentadas que vinculan comunidades rurales con centros de acopio, mercados, servicios básicos y otras rutas de mayor jerarquía. En Nicaragua, los caminos vecinales son competencia compartida entre gobiernos municipales y entidades rectoras como el MTI y el FOMAV (Fondo de Mantenimiento Vial).

Según el Manual de Diseño Geométrico de Caminos Rurales del MTI (2019), estos caminos presentan típicamente anchos de calzada entre 4 y 6 metros, superficies de rodadura de tipo macadán o lastre natural, y ausencia de obras de drenaje mayores. Su mantenimiento es crítico, dado que la degradación de la capa de rodadura por erosión pluvial o tránsito pesado puede causar condiciones intransitables en época lluviosa, como ocurre en el tramo Los Ángeles – San Francisco.

2.1.3. Concepto de prefactibilidad y perfil técnico en proyectos de desarrollo

El estudio de prefactibilidad es una herramienta analítica que permite evaluar de manera preliminar si un proyecto es viable técnica, económica, social y ambientalmente antes de pasar a fases de diseño



definitivo o ejecución. De acuerdo con UNOPS (2020), un estudio de prefactibilidad debe contener al menos: análisis de contexto, caracterización de la demanda, diagnóstico técnico, análisis de alternativas, estimación de costos, identificación de riesgos y evaluación del impacto ambiental.

El perfil técnico constituye el nivel mínimo de diseño requerido para presentar un proyecto ante potenciales financiadores. Incluye planos preliminares, especificaciones técnicas generales, cronograma de ejecución, costos estimados y medidas de mitigación ambiental. Su propósito es brindar una base racional y documentada para la toma de decisiones.

2.1.4. Sostenibilidad y resiliencia en proyectos de infraestructura vial

La sostenibilidad en infraestructura se refiere a la capacidad de una obra para mantenerse operativa en el tiempo, sin comprometer los recursos naturales ni generar impactos negativos persistentes. Esto implica considerar el ciclo de vida de la vía, los costos de mantenimiento, el uso de materiales locales y la adaptación al contexto climático (Banco Mundial, 2019).

Por su parte, la resiliencia vial hace referencia a la capacidad de una infraestructura para absorber y recuperarse frente a eventos extremos, tales como lluvias intensas, deslizamientos, huracanes o inundaciones (UNDRR, 2021). Incorporar resiliencia desde la etapa de diseño es fundamental en regiones como la RACCS, donde la estacionalidad y la variabilidad climática representan amenazas constantes.

La Guía Hidráulica del MTI (2019) sugiere aplicar curvas IDF con periodos de retorno de hasta 15 años en caminos rurales vulnerables, así como el uso de materiales de alta permeabilidad, control de erosión, y sistemas de drenaje eficientes como prácticas de diseño resiliente.

2.1.5. Criterios de diseño vial conforme a la normativa NIC-2019 (MTI)

La Norma Técnica NIC-2019, Tomo II, establece los criterios y procedimientos que deben observarse para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales en Nicaragua. Esta normativa integra elementos clave como:

- Clasificación funcional de caminos;
- Parámetros geométricos (pendientes, radios de curva, sobreechornos);
- Capacidad portante de suelos y materiales;
- Diseño de drenaje longitudinal y transversal;
- Estimaciones de tráfico promedio diario anual (TPDA);



- Incorporación de medidas de mitigación ambiental.

Para proyectos en etapa de prefactibilidad, la NIC-2019 exige la delimitación clara del área de influencia, levantamientos topográficos preliminares, análisis de suelo, y proyecciones de crecimiento poblacional y vehicular, lo que se alinea con los objetivos de este estudio.

2.2. Referentes teóricos

El presente estudio se fundamenta en enfoques teóricos que permiten comprender integralmente los procesos de diseño, intervención y evaluación de caminos rurales desde una perspectiva territorial, social, ambiental y de gestión de riesgos. Estos marcos conceptuales respaldan el análisis multidimensional de la viabilidad del tramo Los Ángeles – San Francisco en el municipio de Nueva Guinea.

2.2.1. Enfoque sistémico-territorial aplicado a obras horizontales

El enfoque sistémico-territorial plantea que las infraestructuras, particularmente las de carácter vial, no deben ser concebidas de forma aislada, sino como parte de un sistema complejo que articula actores, recursos y dinámicas espaciales (Boisier, 2005). En este sentido, un camino vecinal es una pieza clave en la estructura del territorio rural, ya que conecta nodos de servicios (educación, salud), unidades de producción agrícola y ganadera, y redes de comercialización regional.

Este enfoque es coherente con la planificación orientada por el desarrollo endógeno, ya que considera la infraestructura como catalizador del desarrollo local. De este modo, el tramo en estudio no solo responde a una necesidad técnica de transitabilidad, sino que constituye un activo estratégico para la transformación de la estructura económica y social del territorio.

2.2.2. Teoría de redes de accesibilidad y conectividad rural

La teoría de redes de accesibilidad, desarrollada por autores como Litman (2021), sostiene que la calidad, continuidad y eficiencia de las redes de transporte determinan en gran medida la equidad territorial y la cohesión social. La conectividad rural es un indicador crítico del grado de inclusión de las poblaciones rurales en los sistemas de mercado, educación y servicios básicos.

El concepto de *accesibilidad efectiva* se refiere a la capacidad real de las personas para desplazarse entre lugares relevantes en términos de tiempo, costo y seguridad. En caminos deteriorados o sin mantenimiento periódico, esta accesibilidad se ve comprometida, reproduciendo condiciones de exclusión y desigualdad (Venter, 2016). En consecuencia, la rehabilitación del tramo estudiado debe



ser evaluada no solo desde el punto de vista técnico, sino por su impacto en la conectividad estructural y funcional del territorio.

2.2.3. Gestión integrada del riesgo en proyectos de infraestructura

La gestión del riesgo se ha constituido en un componente transversal de las políticas públicas de infraestructura, especialmente en territorios vulnerables al cambio climático y eventos extremos. Esta teoría establece que el diseño y la ejecución de obras deben incorporar un análisis anticipado de amenazas (naturales y antrópicas), la evaluación de vulnerabilidades y la planificación de medidas estructurales y no estructurales para mitigar el impacto de posibles desastres (Lavell & Maskrey, 2014).

Aplicado al contexto del tramo Los Ángeles – San Francisco, este enfoque implica la evaluación de riesgos por inundaciones, escorrentía superficial, deslizamientos y fallas de drenaje, así como aspectos sociales como la seguridad de la población y la integridad de los bienes. El uso de enfoques como la *resiliencia vial* y la adaptación basada en ecosistemas se integra de manera coherente con esta perspectiva (UNDRR, 2021).

2.2.4. Teoría del costo social del transporte rural

Esta teoría sostiene que el deterioro o ausencia de infraestructura vial genera altos costos ocultos que no siempre son considerados en los análisis tradicionales. Entre estos se incluyen: mayor tiempo de viaje, pérdida de productividad, accidentes viales, aumento del costo de los bienes y servicios, y reducción en la asistencia escolar o atención médica oportuna (Escobal & Ponce, 2011).

Desde esta perspectiva, la rehabilitación del tramo no solo representa una inversión en infraestructura física, sino una estrategia para reducir los costos sociales que enfrentan las comunidades rurales en situación de vulnerabilidad. Incorporar el costo social del transporte en la evaluación económica de los proyectos permite valorar sus beneficios en términos de equidad y bienestar, no únicamente desde la rentabilidad financiera.

2.3. Estudios previos y buenas prácticas

La revisión de experiencias nacionales e internacionales en materia de rehabilitación de infraestructura vial rural constituye un insumo fundamental para sustentar técnica y metodológicamente la presente investigación. Este apartado recoge los principales aprendizajes derivados de estudios similares implementados en Nicaragua y otras regiones con condiciones geográficas, sociales y climáticas comparables, identificando modelos de intervención eficaces,



errores comunes y enfoques emergentes en la planificación vial con criterios de sostenibilidad y resiliencia.

2.3.1. Experiencias de rehabilitación vial en la RACCS y otras regiones de Nicaragua

En los últimos años, diversas intervenciones han sido ejecutadas en el Caribe nicaragüense mediante financiamiento del Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Gobierno de Nicaragua a través del MTI. Uno de los proyectos de referencia es el *Programa de Infraestructura Vial para el Caribe* (2015–2022), el cual priorizó caminos terciarios en municipios como Kukra Hill, La Cruz de Río Grande y Waspam. Los resultados de este programa evidencian que las obras que integraron estudios de drenaje, selección adecuada de materiales y planificación participativa tuvieron un desempeño técnico y social superior (MTI, 2021).

Otro referente clave es la rehabilitación del tramo El Rama–Bluefields, desarrollado entre 2013 y 2019, cuya ejecución demostró la importancia de adaptar el diseño vial a las condiciones hidroclimáticas y topográficas del Caribe. En este caso, se implementaron soluciones como sobreanchos en curvas, drenaje transversal reforzado, señalización comunitaria y pavimento hidráulico en zonas críticas, lo cual redujo la vulnerabilidad estructural del tramo ante lluvias extremas (UNOPS, 2020).

2.3.2. Proyectos similares financiados por el MTI, UNOPS o Banco Mundial

La Oficina de Servicios para Proyectos de las Naciones Unidas (UNOPS) ha liderado múltiples intervenciones en caminos vecinales mediante esquemas de ejecución por contrato comunitario. En municipios como San José de Bocay y La Dalia (RAAN), UNOPS promovió modelos de rehabilitación de bajo impacto ambiental, empleando mano de obra local, estabilización mecánica de suelos y uso de materiales de préstamo con evaluación geotécnica previa. Estas experiencias han sido documentadas como buenas prácticas por su contribución al empleo rural y la sostenibilidad posobra (UNOPS, 2020).

El Banco Mundial, por su parte, ha promovido la implementación de *Programas de Caminos Rurales con Enfoque en Resultados* en América Latina, donde el énfasis se ha desplazado de la cantidad de kilómetros rehabilitados hacia indicadores de funcionalidad, accesibilidad y reducción de pobreza (World Bank, 2019). Este enfoque se basa en el monitoreo de variables como tiempo de acceso a servicios de salud, disminución de pérdidas agrícolas en transporte y percepción comunitaria sobre el estado de las vías.



2.3.3. Lecciones aprendidas en la rehabilitación de caminos vecinales de macadán

Los caminos con superficie de rodadura tipo macadán requieren una planificación rigurosa del mantenimiento periódico, dado que presentan alta vulnerabilidad ante la erosión, pérdida de material granular y formación de baches. Estudios realizados por la FAO (2020) en Centroamérica subrayan que la rehabilitación de caminos de macadán debe contemplar:

- Un sistema de drenaje longitudinal y transversal eficiente;
- Compactación adecuada en capas sucesivas;
- Aplicación de sellos superficiales o capas estabilizadas en zonas críticas;
- Establecimiento de derechos de vía y manejo adecuado del tráfico durante la ejecución.

El incumplimiento de estos criterios ha resultado, en múltiples casos, en la pérdida prematura de la infraestructura o su inoperancia en estaciones lluviosas.

2.3.4. Modelos internacionales de diseño técnico y ambiental en caminos rurales

Experiencias en países como Colombia, Bolivia y Filipinas han demostrado la efectividad de los diseños basados en enfoques de *infraestructura verde*, que combinan soluciones de ingeniería civil con prácticas de restauración ambiental. Estas incluyen la protección de taludes con vegetación, la construcción de pasos de fauna, la reforestación con especies nativas y el manejo integrado de cuencas hídricas.

En particular, el enfoque “*Green Roads for Water*” desarrollado por la organización Wetlands International (2017) promueve caminos rurales que funcionan también como canales de infiltración, corredores ecológicos y plataformas para el desarrollo agrícola, destacando que un diseño vial que ignora el entorno hidrológico suele contribuir a procesos de degradación ambiental y conflictos sociales.

2.4. Marco legal y normativo

El diseño y ejecución de proyectos de rehabilitación vial en Nicaragua se rige por un conjunto de disposiciones técnicas, ambientales e institucionales que definen los requisitos mínimos para asegurar su viabilidad, pertinencia y sostenibilidad. Este marco legal y normativo orienta la formulación del presente estudio de prefactibilidad, garantizando su alineación con los instrumentos de planificación nacional, las normas técnicas sectoriales y los compromisos ambientales suscritos por el país.



2.4.1. Normativa Técnica NIC-2019

La *Norma Técnica para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Caminos Rurales* (NIC-2019), emitida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), establece los criterios técnicos para la planificación y diseño geométrico, estructural e hidráulico de caminos no pavimentados. Esta normativa contempla:

- Clasificación funcional de caminos rurales (vecinales, comunitarios y de producción);
- Parámetros de diseño según volumen de tránsito, pendiente, topografía y tipo de suelo;
- Criterios para obras de drenaje, señalización y seguridad vial;
- Procedimientos para la selección y uso de bancos de materiales;
- Recomendaciones para la protección ambiental y gestión del derecho de vía.

Para el tramo Los Ángeles – San Francisco, la NIC-2019 constituye el instrumento rector para la definición de secciones tipo, cálculo hidráulico de alcantarillas, estimación de volúmenes y selección de intervenciones en zonas críticas.

2.4.2. Ley No. 217: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

Esta ley establece el marco jurídico para la protección del ambiente, el uso racional de los recursos naturales y la prevención de impactos ambientales negativos. El artículo 31 define la obligatoriedad de realizar estudios de impacto ambiental (EIA) o evaluaciones ambientales simplificadas para proyectos de infraestructura vial, incluyendo obras de rehabilitación en áreas sensibles.

En concordancia con esta ley, el proyecto debe contar con un Programa de Gestión Ambiental y Social (PGAS), que incluya medidas de mitigación, monitoreo, educación ambiental y participación comunitaria, tal como se establece en el reglamento del Decreto 76-2006 (Reglamento de Permiso y Evaluación Ambiental).

2.4.3. Ley No. 720: Ley de Concertación para el Desarrollo del Sector Rural

Esta ley promueve el desarrollo integral del campo a través de políticas públicas que fomenten la productividad, la conectividad y el acceso equitativo a servicios básicos en zonas rurales. El artículo 14 establece como prioridad la inversión en caminos rurales que favorezcan la comercialización, el acceso a servicios sociales y la cohesión territorial.



La rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco se enmarca dentro de los objetivos de esta ley al mejorar la movilidad de comunidades rurales productoras y reducir su aislamiento físico y social.

2.4.4. Directrices ambientales del Banco Mundial y UNOPS

Dado que proyectos de este tipo suelen recibir financiamiento o asistencia técnica de organismos multilaterales, es pertinente considerar sus marcos normativos. Entre ellos destacan:

- **Política Ambiental y Social del Banco Mundial (2017):** exige la identificación y gestión de riesgos ambientales y sociales desde la etapa de prefactibilidad, incluyendo medidas para la protección de comunidades vulnerables, prevención de violencia de género, y restauración de medios de vida.
- **Manual de Gestión Ambiental y Social de UNOPS (2020):** promueve prácticas de infraestructura resiliente, uso eficiente de recursos naturales, y cumplimiento de estándares internacionales en la ejecución de obras viales rurales.

Ambos marcos promueven el enfoque de infraestructura sostenible y resiliente al cambio climático, condición clave en el contexto del Caribe nicaragüense.

2.5. Relación del marco teórico con los objetivos del estudio

El marco teórico desarrollado en este capítulo proporciona una base sólida para la comprensión integral de los componentes técnicos, sociales, económicos y ambientales que intervienen en la formulación de un estudio de prefactibilidad para la rehabilitación de un tramo carretero rural. Esta sección tiene como finalidad evidenciar la articulación entre los fundamentos conceptuales, los referentes teóricos, el marco normativo y los objetivos de la investigación.

2.5.1. Vinculación conceptual con el diagnóstico técnico y socioambiental

Los conceptos de infraestructura vial rural, caminos vecinales y prefactibilidad técnica, abordados en la sección 2.1, permiten caracterizar con precisión el tipo de vía objeto de estudio y justificar la necesidad de una intervención integral en el tramo Los Ángeles – San Francisco. El enfoque de sostenibilidad y resiliencia, así como los criterios de la NIC-2019, orientan la formulación de soluciones técnicas acordes al contexto hidrológico, geotécnico y social del municipio de Nueva Guinea.

Asimismo, los principios establecidos por la Ley 217 y la Ley 720 refuerzan la pertinencia del objetivo general del estudio, al reconocer el papel estratégico de la infraestructura vial como motor



del desarrollo económico, la inclusión social y la mitigación de riesgos en zonas rurales de alta vulnerabilidad.

2.5.2. Aportes del marco teórico al análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental

El marco teórico aporta elementos clave para abordar cada uno de los objetivos específicos del estudio:

- El **uso del marco lógico** como herramienta metodológica está respaldado por el enfoque sistémico-territorial, que concibe la vía no como un fin en sí mismo, sino como un componente estructurador del desarrollo local.
- La **evaluación de la oferta y demanda vial** se fundamenta en la teoría de redes de accesibilidad, que subraya la importancia de la conectividad física para garantizar equidad territorial y acceso a servicios.
- El **análisis técnico y financiero** encuentra soporte en estudios previos que destacan la eficacia de intervenciones con base en criterios de priorización por tránsito, costos de mantenimiento y beneficios sociales.
- Finalmente, la **evaluación del impacto ambiental** se articula con los principios de gestión del riesgo y de infraestructura verde, que promueven intervenciones con bajo impacto ambiental y alto nivel de adaptación al cambio climático.

2.5.3. Justificación del enfoque metodológico a partir de los referentes teóricos

El conjunto de teorías y experiencias revisadas valida la elección de una metodología de investigación aplicada, con enfoque de estudio de caso, análisis territorial y evaluación multicriterio. La necesidad de combinar métodos técnicos (ingeniería civil, geotecnia, hidrología), herramientas de análisis socioeconómico y criterios ambientales responde a la naturaleza compleja de los proyectos de infraestructura rural.

Así, el marco teórico no solo proporciona referentes conceptuales y normativos, sino que también guía la operacionalización de los objetivos mediante instrumentos de diagnóstico, criterios de diseño y principios de evaluación de impacto. Este encuadre teórico es esencial para asegurar que el estudio propuesto sea pertinente, riguroso y orientado a la solución de problemas reales del territorio.



CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

1. Área de localización del estudio

El presente estudio se localiza en el tramo carretero Los Ángeles – San Francisco, con una longitud aproximada de 23 kilómetros, situado en el municipio de Nueva Guinea, en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) de Nicaragua. Este tramo forma parte de la red vial terciaria clasificada como camino vecinal no pavimentado con superficie de rodadura tipo macadán, y constituye una ruta estratégica para la movilidad rural y la integración socioeconómica del territorio.

El tramo se desprende de la carretera principal NIC-71, la cual conecta los departamentos de Chontales y la Costa Caribe Sur. Se ubica al noroeste del casco urbano de Nueva Guinea, a una distancia aproximada de 28 km del centro urbano y a 260 km de la capital Managua. La vía recorre zonas rurales y de producción agropecuaria, comprendiendo varias comunidades clave como: Sector Zona 6 de Nueva Guinea, Los Ángeles, El Danto, San Francisco, Punta Gorda y Nueva Holanda.

Las coordenadas geográficas del tramo son:

Punto	Coordenada Norte (UTM)	Coordenada Este (UTM)
Inicio (0+000)	776796.47	1293233.76
Final (23+000)	765040.14	1274489.80

El tramo se encuentra en jurisdicción de los municipios de Nueva Guinea y parcialmente del municipio de San Miguelito, este último perteneciente al departamento de Río San Juan. En términos de planificación territorial, ambas municipalidades han identificado este eje como una prioridad para la conectividad productiva, educativa y de servicios básicos.

Según proyecciones del *Diagnóstico Socioeconómico Municipal* (Alcaldía de Nueva Guinea, 2022), el área de influencia del tramo comprende una población estimada de 11,100 personas, de las cuales 5,363 son beneficiarios directos. La distribución por sexo es equilibrada: 52%

mujeres y 48% hombres. Las comunidades tienen una alta dependencia de la vía para acceder a centros escolares, mercados locales, centros de salud y servicios de transporte colectivo. Este tramo carretero constituye un eje vital para la movilidad de bienes y personas en una zona caracterizada por actividades agrícolas (yuca, quequisque, café, frijol) y ganaderas. Además, es una vía clave para la distribución de insumos, la comercialización de productos locales y el acceso a los centros urbanos más próximos.

Su deterioro ha generado múltiples restricciones de acceso, afectando negativamente los tiempos de traslado, los costos operativos del transporte y la integridad física de los usuarios. La rehabilitación de este tramo, por tanto, representa una inversión estratégica para reducir el aislamiento rural, mejorar la calidad de vida de las comunidades y dinamizar el desarrollo local.

2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período

La presente investigación se clasifica metodológicamente como un estudio aplicado, no experimental y de enfoque mixto, con una finalidad evaluativa y proyectiva, estructurado en torno a la formulación de un estudio de prefactibilidad técnica, económica y ambiental de una infraestructura vial rural en proceso de deterioro avanzado.

El estudio adopta un enfoque mixto al integrar métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis del problema vial. El componente cuantitativo se refleja en el levantamiento y análisis de variables técnicas (longitud, volumen de tránsito, características del suelo, disponibilidad de materiales, entre otros) y financieras (costos estimados de intervención, beneficios esperados). El componente cualitativo se orienta a la caracterización del entorno social, la percepción comunitaria, el uso actual del tramo y los riesgos ambientales.

Este enfoque permite obtener una comprensión integral de la problemática, articulando datos duros con aspectos socioterritoriales que inciden en la viabilidad del proyecto.

El estudio es de alcance descriptivo, explicativo y proyectivo:

- Descriptivo, porque detalla las condiciones actuales del tramo carretero, los factores que inciden en su deterioro, y las características físico-naturales, sociales y económicas del entorno.



- Explicativo, al identificar y analizar las causas del deterioro estructural, los riesgos asociados a la no intervención y los impactos esperados de la rehabilitación.
- Proyectivo, ya que propone una solución técnica estructurada bajo criterios de resiliencia, sostenibilidad y normativa nacional, que permita gestionar recursos e iniciar la ejecución futura del proyecto.

El estudio se realiza bajo un diseño transversal, ya que recoge y analiza información en un período determinado, durante el año 2025, considerando los datos históricos de uso del tramo, los impactos recientes de eventos climáticos y las condiciones proyectadas de crecimiento poblacional y vehicular en la zona de influencia.

Sin embargo, sus proyecciones tienen un enfoque prospectivo, al considerar horizontes temporales de evaluación técnica, económica y ambiental a mediano plazo, conforme a la vida útil estimada de la vía y los escenarios de cambio climático.

3. Población, muestra

La población de este estudio está conformada por los actores vinculados directa e indirectamente al tramo carretero Los Ángeles – San Francisco, en el municipio de Nueva Guinea. Incluye tanto a los usuarios frecuentes del tramo como a las instituciones locales responsables de la gestión del territorio, el mantenimiento vial y la planificación municipal.

Se consideran dos unidades de análisis:

- **Población técnica y operativa:** personal del MTI, UNOPS, autoridades municipales, miembros de CAPS (comités de agua), brigadas de mantenimiento vial y proveedores locales de materiales de construcción.
- **Población comunitaria:** personas residentes en las comunidades directamente beneficiadas o afectadas por la condición de la vía: Zona 6, Los Ángeles, El Danto, San Francisco, Punta Gorda y Nueva Holanda.

Según datos municipales proyectados al año 2022, la población total beneficiada en el área de influencia es de 11,100 personas, de las cuales 5,363 son beneficiarios directos (Alcaldía Municipal de Nueva Guinea, 2022).



3.1. Tipo de muestra y muestreo

Debido a la naturaleza técnica y territorial del estudio, se ha adoptado un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Este tipo de muestreo permite seleccionar de manera deliberada a informantes clave y unidades de observación que poseen conocimientos especializados o vivencias directas sobre la problemática del tramo carretero.

Criterios de inclusión en la muestra:

- Usuarios frecuentes del tramo (productores, comerciantes, estudiantes).
- Representantes de las comunidades beneficiadas.
- Funcionarios municipales y técnicos con competencia en infraestructura vial.
- Personal de instituciones con experiencia en gestión de proyectos (MTI, UNOPS).
- Propietarios de bancos de materiales identificados en el perfil técnico.

La muestra incluye al menos:

- **10 entrevistas semiestructuradas** a personas clave.
- **2 grupos focales** comunitarios (uno por zona de entrada y otro por zona de salida del tramo).
- **Observaciones estructuradas** en sitios críticos de movilidad y puntos de conflicto vial.

3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

Dada la combinación de enfoques, el estudio se apoya en diversas técnicas de recolección de datos tanto cuantitativos como cualitativos, organizadas de la siguiente manera:

Nº	Técnica	Instrumento	Propósito
1	Observación estructurada	Guía de observación vial y ambiental	Levantar datos sobre el estado físico del tramo, zonas inestables, drenaje.
2	Entrevistas semiestructuradas clave	Guion de entrevista a actores	Obtener percepciones técnicas y comunitarias sobre el impacto del tramo.



N°	Técnica	Instrumento	Propósito
3	Revisión documental	Ficha de análisis documental	Analizar normativa, mapas, perfiles técnicos, estadísticas y estudios previos.
4	Grupo focal	Guía para grupos comunitarios	Identificar necesidades y validar las condiciones de accesibilidad.
5	Medición técnica en campo	Registro de puntos GPS, bitácora técnica, hoja de cálculo topográfico	Determinar coordenadas, pendientes, bancos de materiales, niveles de daño.

Cada uno de estos instrumentos será validado mediante juicio de expertos antes de su aplicación en campo, y los datos recolectados serán sistematizados usando matrices de análisis y herramientas de georreferenciación.

4. Diseño

El diseño metodológico de esta investigación está estructurado como un estudio de caso técnico aplicado, bajo un enfoque mixto, no experimental y de carácter transversal, que combina técnicas de análisis técnico de campo con aproximaciones cualitativas para integrar las dimensiones sociales, ambientales y económicas del problema. El diseño responde a los requerimientos de un estudio de prefactibilidad con énfasis en el perfil técnico de una infraestructura rural en contexto vulnerable.

Este diseño permite abordar el objeto de estudio desde la integralidad territorial, técnica y comunitaria, facilitando la toma de decisiones informadas y basadas en evidencia para la formulación de una solución vial sostenible, resiliente y viable.



4.1.Recolección de Datos

La recolección de datos se realizará mediante una triangulación metodológica, combinando:

1. Trabajo de gabinete:

- Revisión documental de normativas, estudios técnicos previos (perfil UNOPS-MTI), mapas topográficos y diagnósticos municipales.
- Análisis de bases de datos sociodemográficas, censales y estadísticas de tránsito disponibles.

2. Trabajo de campo:

- Aplicación de guías de observación técnica estructurada en los 23 km del tramo, registrando estado de rodadura, condiciones de drenaje, puntos críticos, pendientes, accesos, etc.
- Levantamiento georreferenciado con GPS de bancos de materiales, intersecciones hidráulicas y tramos deteriorados.
- Aplicación de entrevistas semiestructuradas a informantes clave del MTI, UNOPS, comunidad organizada, y autoridades municipales.
- Desarrollo de grupos focales en comunidades ubicadas en el área de influencia directa del proyecto.

El proceso se realizará en tres fases consecutivas:

- **Diagnóstico técnico preliminar:** identificación y validación de problemas estructurales del tramo.
- **Caracterización territorial y social:** levantamiento de información comunitaria, productiva y de movilidad.
- **Formulación técnica:** definición de alternativas de solución y elaboración del perfil técnico.

4.2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

Para asegurar la calidad metodológica del estudio, se aplicarán los siguientes criterios:

Nº	Criterio	Aplicación en la investigación
1	Credibilidad	Se fortalecerá mediante la triangulación de fuentes (documental, comunitaria, técnica), validación de datos por actores clave y el uso de registros fotográficos y georreferenciados. Se realizarán devoluciones parciales de resultados en grupos focales para validar hallazgos.
2	Confiabilidad	Se garantizará mediante la estandarización de instrumentos (guías, formatos de campo), capacitación del equipo técnico y uso de bitácoras de campo que aseguren la trazabilidad de los datos recolectados. Se documentarán criterios de inclusión/exclusión de puntos críticos y bancos de materiales.

Ambos criterios permitirán reducir el sesgo, asegurar la replicabilidad del estudio y reforzar la legitimidad de los resultados obtenidos.

5. Operacionalización de variables

Nº	Variable	Instrumento de medición	Unidad	Frecuencia de monitoreo
1	Estado del tramo carretero	Guía de observación técnica estructurada	Kilómetro lineal / % del tramo afectado	Una vez durante el diagnóstico de campo
2	Capacidad estructural del suelo	Ensayo de capacidad de carga (California)	kg/cm ² o valor CBR (%)	Una vez en puntos críticos preidentificados



N°	Variable	Instrumento de medición	Unidad	Frecuencia de monitoreo
		Bearing Ratio - CBR)		
3	Condición del sistema de drenaje	Guía de inspección de drenaje y fotografías georreferenciadas	% de estructuras funcionales	Una vez en tramo completo (23 km)
4	Demanda del servicio vial	Entrevistas a actores clave y registros de tránsito	Vehículos/día, tipo de transporte, usuarios	Durante etapa de diagnóstico y validación
5	Frecuencia de uso del tramo	Grupo focal y conteo vehicular manual	Frecuencia diaria/semanal	Durante 3 días consecutivos en horarios pico
6	Acceso a servicios básicos	Entrevistas semiestructuradas y ficha comunitaria	Número de usuarios por comunidad	Durante fase de caracterización social
7	Disponibilidad de bancos de materiales	GPS, planillas técnicas y hoja de cálculo de volúmenes	Volumen en m ³ disponibles	Previo a la elaboración del perfil técnico



N°	Variable	Instrumento de medición	Unidad	Frecuencia de monitoreo
8	Impacto ambiental proyectado	Lista de verificación ambiental y matriz de impactos	Categoría de impacto (bajo, medio, alto)	Durante la evaluación de prefactibilidad

6. Análisis de datos

El análisis de los datos en esta investigación combina enfoques cuantitativos y cualitativos, en correspondencia con el enfoque mixto adoptado y los objetivos del estudio de prefactibilidad. Los procedimientos están orientados a generar evidencia técnica, financiera y ambiental que permita sustentar la viabilidad de la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco.

6.1. Análisis cuantitativo

Los datos de naturaleza cuantitativa (longitud del tramo afectado, capacidad portante del suelo, número de vehículos, volumen de materiales, costos estimados) serán procesados mediante:

- **Cálculos estructurales preliminares:** para determinar espesores de capa de rodadura, secciones tipo y estructuras de drenaje según la NIC-2019.
- **Estadística descriptiva:** frecuencias, porcentajes y promedios, para variables como tráfico promedio diario, condiciones de uso del tramo, acceso a servicios, etc.
- **Tablas comparativas:** para contrastar alternativas técnicas, costos unitarios, niveles de afectación y niveles de servicio.
- **Proyecciones económicas:** se utilizarán estimaciones de costo-beneficio simplificado y cálculos de retorno social de la inversión.

Las herramientas empleadas para este análisis incluyen hojas de cálculo (Excel) con funciones estadísticas y de ingeniería civil, así como software SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la interpretación territorial y espacial de los datos.



6.2. Análisis cualitativo

La información cualitativa derivada de entrevistas, grupos focales, observación y revisión documental será procesada mediante:

- **Análisis de contenido:** identificación de categorías temáticas relacionadas con la percepción comunitaria del tramo, el impacto social de su deterioro y las expectativas frente a su rehabilitación.
- **Codificación abierta y axial:** para sistematizar testimonios y discursos, vinculándolos con dimensiones como movilidad, acceso a servicios, productividad y gobernanza local.
- **Triangulación de fuentes:** se contrastarán los hallazgos cualitativos con los registros técnicos de campo y los documentos normativos, para validar la consistencia y la relevancia de las necesidades identificadas.

El análisis cualitativo se apoyará en matrices de categorización, diagramas relacionales y notas de campo sistematizadas, con el objetivo de generar un diagnóstico territorial integral.

6.3. Articulación de resultados

Ambos tipos de análisis convergen en la elaboración del perfil técnico del proyecto, integrando:

- Diagnóstico técnico estructural del tramo;
- Justificación económica y social de la intervención;
- Evaluación de riesgos y medidas de mitigación ambiental;
- Recomendaciones técnicas viables en el corto y mediano plazo.

Esta integración garantizará que las conclusiones y propuestas del estudio estén sustentadas en evidencia empírica confiable y pertinente.



CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Estudio Técnico

4.1.1. Introducción

El presente estudio técnico tiene como propósito determinar la viabilidad constructiva, funcional y operativa del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km), en el municipio de Nueva Guinea, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). Esta sección establece los fundamentos de ingeniería que orientan la selección del tipo de intervención, la estimación de parámetros estructurales y la definición de los recursos técnicos necesarios para garantizar la durabilidad, seguridad y sostenibilidad de la vía.

El análisis técnico se desarrolló con un enfoque metodológico integral que combina la observación de campo, la caracterización geotécnica e hidrológica, la evaluación comparativa de alternativas constructivas y la determinación de requerimientos de infraestructura y maquinaria, en correspondencia con la Guía de Caminos Rurales del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI, 2018), la Norma Técnica Obligatoria NTON 12 012-20 sobre diseño geométrico de carreteras, y la Política Nacional de Transporte y Movilidad Sostenible de Nicaragua (2022).

Asimismo, este estudio se articula con los objetivos específicos de la investigación orientados a:

- Evaluar la oferta y demanda del servicio vial, considerando la proyección de tráfico rural y las condiciones físicas de la zona de influencia.
- Realizar análisis técnicos y económicos que permitan establecer la viabilidad de la rehabilitación desde un enfoque integral de gestión territorial.

La propuesta técnica se sustenta en el principio de infraestructura resiliente, buscando garantizar la transitabilidad en todo tiempo, reducir los costos de transporte, mitigar riesgos ambientales y fortalecer la conectividad entre comunidades rurales. Este enfoque contribuye directamente al cumplimiento de los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima).



4.1.2. Descripción general del proyecto

El tramo carretero Los Ángeles – San Francisco conecta comunidades rurales dedicadas a la producción agropecuaria con la cabecera municipal de Nueva Guinea, desempeñando una función esencial en la movilidad de personas, productos y servicios. Se clasifica como camino rural de tercer orden y forma parte del sistema vial secundario de la RACCS.

- **Longitud total:** 23 km
- **Tipo de superficie actual:** Macadán (grava natural sin tratamiento)
- **Ubicación geográfica:** Municipio de Nueva Guinea, RACCS
- **Coordenadas UTM:**
 - Inicio: N 776796.47 / E 1293233.76
 - Final: N 765040.14 / E 1274489.80

Las condiciones actuales del tramo evidencian una pérdida significativa de capacidad estructural de la calzada, colmatación de drenajes transversales y erosión lateral. Estos problemas se agravan durante el invierno, generando cortes de tránsito y deterioro acelerado. Los sectores más críticos se ubican entre los kilómetros 6+000–8+500 y 17+000–20+000, donde se observan pegaderos, hundimientos y escorrentía superficial sin control.

La intervención propuesta tiene como meta rehabilitar integralmente el tramo mediante:

- Reconformación y compactación de la subrasante.
- Colocación de subbase y base granular estabilizada con material selecto local.
- Limpieza, ampliación y construcción de obras de drenaje menor.
- Protección de taludes, revegetación y control de erosión.
- Instalación de señalización preventiva y reglamentaria.

El diseño propuesto permitirá mantener la transitabilidad durante todo el año y reducirá los costos de operación vehicular, fomentando la productividad agrícola, el comercio y el acceso a servicios básicos.



4.1.3. Viabilidad técnica

La viabilidad técnica del proyecto se analiza a partir de cinco factores principales: topografía, hidrología, geotecnia, diseño geométrico y disponibilidad de materiales.

a) Condiciones topográficas e hidrológicas

El relieve del tramo es **suave a moderado**, con pendientes entre **1% y 6%**, lo que permite un trazado estable sin necesidad de grandes movimientos de tierra. La zona forma parte de la **microcuenca del Río Punta Gorda**, caracterizada por alta pluviosidad (promedio anual: 2,800–3,200 mm). Por tanto, el diseño hidrológico se orienta a asegurar la **evacuación eficiente de escorrentías** mediante:

- Cunetas trapezoidales revestidas con pendiente mínima del 0.5%.
- Alcantarillas metálicas o de concreto Ø 24”–36” dimensionadas a periodos de retorno de 10–25 años, conforme a la Guía de Diseño Hidráulico del MTI (2018).
- Obras complementarias: disipadores de energía y cabezales de mampostería.

b) Condiciones geotécnicas y materiales

El estudio geológico (INETER, 2010; PRODES, 1992) revela que el subsuelo está conformado por materiales piroclásticos y basálticos del Grupo Coyol, con suelos de textura areno-arcillosa y limo-arenosa, de buena capacidad de soporte. Los ensayos de campo estiman un CBR promedio entre 25% y 30%, adecuado para conformar una subrasante compactada al 95% del Proctor Modificado. Los bancos de materiales locales se localizan a menos de 8 km del tramo, reduciendo significativamente los costos de acarreo y favoreciendo la eficiencia energética del proyecto.

c) Compatibilidad y trazado

Se mantiene la traza actual y el derecho de vía existente, evitando afectaciones a propiedades colindantes y reduciendo la remoción de cobertura vegetal. Este criterio se ajusta a los



principios de ingeniería de mínimo impacto, privilegiando el aprovechamiento de infraestructura existente y la reducción del movimiento de tierra.

d) Diseño geométrico y parámetros técnicos

Tabla 1. Parámetros de diseño geométrico y estructural propuestos para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Elemento de diseño	Parámetro propuesto	Norma o criterio técnico de referencia
1	Clasificación funcional	Camino rural de 3.er orden	MTI (2018), NTON 12 012-20
2	Ancho de calzada	5.5–6.0 m	Capacidad para cruce controlado
3	Bermas laterales	0.75–1.00 m por lado	Estabilizadas con suelo-cemento
4	Subbase granular	0.20 m	CBR \geq 25%
5	Base granular	0.20 m	CBR \geq 60%
6	Rodadura	Granular estabilizada	Mantenimiento periódico
7	Pendiente longitudinal	1–6%	Flujo seguro de escorrentía
8	Cunetas laterales	Trapezoidales 0.4–0.6 m	Pendiente \geq 0.5%
9	Alcantarillas	Ø 24–36 pulgadas	TR = 10–25 años
10	Compactación	\geq 95% Proctor modificado	ASTM D1557
11	Señalización	Preventiva y reglamentaria	Manual MTI (2018)

La propuesta se validará en la fase de diseño definitivo mediante levantamientos topográficos, ensayos de laboratorio y conteos de tráfico actualizados.

4.1.4. Evaluación comparativa de alternativas

El análisis de alternativas se basó en tres escenarios de intervención considerando durabilidad, costos, rendimiento y sostenibilidad ambiental:

Tabla 2. Comparación técnica, económica y funcional de alternativas de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Alternativa	Descripción técnica	Ventajas principales	Desventajas	Costo estimado (USD/km)
1	A1. Rehabilitación superficial	Nivelación, compactación y limpieza drenajes existentes.	y Bajo costo de inicial, ejecución.	Menor durabilidad (7–10 años), mantenimiento frecuente.	65,000
2	A2. Rehabilitación reforzada (propuesta óptima)	Reconformación de subrasante, nueva base granular, drenaje completo.	Durabilidad 15–20 años, desempeño y estructural ambiental.	Mayor inversión inicial.	95,000
3	A3. Reconstrucción total	Pavimentación con concreto hidráulico o mezcla asfáltica.	Vida útil >25 años, o mantenimiento.	Costo muy alto, bajo sobreespecificado para tráfico rural.	230,000

El análisis costo-beneficio y la proyección de tráfico (TMDA < 300 veh/día) justifican la selección de la Alternativa 2, que equilibra inversión, desempeño estructural y sostenibilidad.



4.1.5. Requerimientos de infraestructura, equipos y recursos

Infraestructura básica:

- Reconformación de plataforma, colocación de subbase y base granular.
- Construcción de obras de drenaje menor: cunetas, alcantarillas, cabezales y disipadores.
- Estabilización y revegetación de taludes.
- Señalización preventiva y reglamentaria.

Equipos y maquinaria principales:

Tabla 3. Equipos de construcción y rendimientos promedio para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Equipo	Función	Rendimiento promedio	Observaciones
1	Motoconformadora 160 HP	Conformación de plataforma y cunetas	de 0.8–1.0 km/día	Depende del tipo de suelo y humedad
2	Rodillo 10–12 t	Compactación capas	de 800–1,200 m ³ /día	Control de densidad y humedad
3	Retroexcavadora m ³	0.8 Excavación de zanjas y alcantarillas	100 m ³ /día	Suelos cohesivos y no cohesivos
4	Camiones 7–10 m ³	Transporte materiales	de 80–100 km·viaje/día	Distancia ≤ 8 km
5	Cisterna de agua	Riego y control de polvo	Diario	Apoyo ambiental y SySO

Recursos humanos:

Equipo técnico (ingeniero residente, topógrafo, capataz), operadores especializados, brigada ambiental y de seguridad y salud ocupacional (SySO), y personal de apoyo logístico.



4.1.6. Plan de mantenimiento vial sostenible

La sostenibilidad del tramo depende de un mantenimiento programado, dividido en rutinario, periódico y correctivo, conforme al Manual de Mantenimiento de Caminos Rurales (MTI, 2020):

Tabla 4. Plan de mantenimiento vial propuesto para el tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Tipo de mantenimiento	Actividad	Frecuencia	Responsable
1	Rutinario	Limpieza de cunetas y alcantarillas	Cada 3 meses	Alcaldía – Comité comunitario
2	Rutinario	Reposición de material granular en zonas críticas	Cada 6 meses	MTI – Alcaldía
3	Periódico	Reconformación de calzada y bermas	Cada 2 años	MTI / Contratista
4	Periódico	Reforestación y control de erosión	Anual	SERENA / Alcaldía
5	Correctivo	Reparación de drenajes y señalización	Según inspección	Unidad Técnica Municipal

Este plan fomenta la participación comunitaria en el mantenimiento, fortaleciendo la corresponsabilidad social y la sostenibilidad económica del proyecto.

4.1.7. Conclusiones del estudio técnico

Los resultados del análisis técnico confirman que la rehabilitación reforzada del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco es técnicamente viable, económicamente razonable y



ambientalmente sostenible. Las condiciones topográficas y geotécnicas permiten la ejecución con materiales locales, minimizando los costos de transporte y el impacto ambiental.

La solución propuesta garantiza:

- Transitabilidad todo tiempo, incluso en periodos de lluvia.
- Reducción de los costos de operación vehicular y del tiempo de traslado.
- Mejoramiento de la seguridad vial mediante drenaje eficiente y señalización adecuada.
- Optimización de recursos públicos y fortalecimiento de la conectividad rural.
- Integración socioeconómica de comunidades agrícolas y ganaderas, impulsando el desarrollo local.

El proyecto se alinea con las políticas nacionales de infraestructura resiliente y movilidad sostenible, así como con los ODS 9, 11 y 13, aportando a la reducción de la pobreza y la mejora de la competitividad territorial de la RACCS.



4.2. Estudio Ambiental

4.2.1. Introducción

El estudio ambiental tiene como finalidad identificar, evaluar y jerarquizar los impactos ambientales derivados de la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km), en el municipio de Nueva Guinea, RACCS, con el propósito de garantizar que las acciones constructivas, operativas y de mantenimiento se desarrollen en armonía con el entorno natural y social.

El enfoque metodológico adoptado se fundamenta en la Ley N.º 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Asamblea Nacional, 1996), su Reglamento (Decreto N.º 9-96), el Decreto N.º 20-2017 del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y su reforma 2025, así como en el Digesto Jurídico en Materia Ambiental, Ley N.º 1163 (2020). En el contexto regional, se aplica el Decreto N.º 36-2002, que establece el Régimen Ambiental de la Costa Caribe, donde los Consejos Regionales Autónomos, a través de la Secretaría de Recursos Naturales (SERENA), son los responsables de la administración ambiental y de los procesos de consulta ciudadana.

Metodológicamente, la evaluación se basa en la Matriz de Leopold (1971), herramienta que permite valorar las interacciones entre las acciones del proyecto y los componentes del medio ambiente mediante la asignación de valores de magnitud e importancia a cada impacto identificado.

El proceso se complementa con la formulación de **un** Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) que incorpora medidas de mitigación, programas de monitoreo, seguridad, salud ocupacional y restauración ecológica.

4.2.2. Diagnóstico ambiental del área de influencia

El área de influencia ambiental comprende la franja de 27.64 km² directamente afectada por el proyecto (AID) y un área indirecta (AII) de 507.37 km², abarcando comunidades de Nueva Guinea y San Miguelito. Se caracteriza por una alta biodiversidad y un entorno productivo agropecuario con creciente presión sobre los recursos naturales.



Componente físico

- **Clima:** Tropical húmedo con precipitación media anual de 2,800–3,200 mm y temperatura promedio de 26 °C. Las lluvias intensas demandan obras hidráulicas adecuadas para evitar erosión y colmatación.
- **Relieve:** Suave a moderado (pendientes entre 1% y 6%), con microcuencas que drenan hacia los ríos Punta Gorda y La Fonseca.
- **Suelos:** De origen volcánico (Grupo Coyol), textura franco-arenosa y franco-arcillosa, moderadamente profundos y con buena capacidad de drenaje.
- **Hidrografía:** La red hídrica incluye quebradas intermitentes y afluentes secundarios que cruzan transversalmente el camino.
- **Calidad del aire y ruido:** Las condiciones actuales son óptimas, sin fuentes industriales significativas; las emisiones derivan del tráfico vehicular rural.

Componente biótico

- **Flora:** Predomina la vegetación secundaria con especies como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), pochote (*Bombacopsis quinata*), níspero (*Manilkara zapota*), marango (*Moringa oleifera*) y gramíneas forrajeras.
- **Fauna:** Se registran especies menores como armadillo (*Dasybus novemcinctus*), guardatinaja (*Dasyprocta punctata*), iguana (*Iguana iguana*), aves de corral y reptiles asociados a ecosistemas riparios.
- **Cobertura vegetal:** Fragmentada por la expansión agropecuaria, aunque persisten corredores ecológicos en las zonas cercanas a los cauces naturales.

Componente antrópico

- **Uso del suelo:** Predomina la ganadería extensiva y la agricultura de subsistencia.
- **Infraestructura existente:** Escuelas rurales, viviendas dispersas y caminos secundarios.
- **Fuentes de presión ambiental:** Deforestación, erosión, quema de rastrojos, mal manejo de residuos sólidos y sedimentación en drenajes naturales.



4.2.3. Marco normativo ambiental aplicable

Tabla 5. Marco jurídico ambiental aplicable al proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N° Instrumento jurídico	Contenido y alcance	Aplicación al proyecto
1 Ley N.º 217	Establece principios, normas y procedimientos para la gestión ambiental nacional.	Base legal general del SEA.
2 Decreto N.º 20-2017 (SEA)	Regula la obtención de permisos y licencias ambientales.	Determina la categoría del proyecto (Categoría II: rehabilitación).
3 Reforma 2025 del SEA	Introduce lineamientos de evaluación simplificada y seguimiento digital.	Fortalece el monitoreo y trazabilidad ambiental.
4 Ley N.ª 1163 (Digesto Jurídico Ambiental)	Consolida el marco normativo en materia de recursos naturales, agua y biodiversidad.	Refuerza los criterios de sostenibilidad ambiental.
6 Decreto N.º 36-2002	Establece el Régimen Ambiental de la Costa Caribe, incluyendo participación ciudadana y gestión autónoma.	Define el rol de SERENA y el Consejo Regional Autónomo.
7 Ordenanzas municipales de Nueva Guinea	Regulan uso de suelo, manejo de residuos y emisiones.	Complementan el marco local de control ambiental.

4.2.4. Identificación y evaluación de impactos

El proceso de identificación de impactos se realizó mediante la Matriz de Leopold, considerando tres fases del proyecto: construcción, operación y mantenimiento. Cada interacción acción/medio se evaluó asignando valores de magnitud (1–10) e importancia (1–10), donde el signo negativo (–) indica impacto adverso y el positivo (+) representa un beneficio ambiental o social.

Tabla 6. Matriz de Leopold – Resumen de impactos significativos

Nº	Componente ambiental	Fase del proyecto	Acción o proceso	Signo	Magnitud	Importancia	Jerarquía
1	Aire	Construcción	Emisión de polvo por movimiento de tierra	–	5	6	Mitigar
2	Agua superficial	Construcción	Aporte de sedimentos por escorrentía	–	4	7	Mitigar
3	Suelo	Construcción	Compactación y pérdida de capa vegetal	–	3	5	Controlar
4	Vegetación	Construcción	Remoción de cobertura herbácea	–	4	4	Controlar
5	Fauna	Construcción	Alteración temporal del hábitat	–	3	3	Controlar



N°	Componente ambiental	Fase del proyecto	Acción o proceso	Signo	Magnitud	Importancia	Jerarquía
6	Social	Construcción	Generación de empleo local	+	5	7	Potenciar
7	Seguridad vial	Operación	Reducción de accidentes	+	6	8	Potenciar
8	Económico	Operación	Reducción de costos de transporte	+	7	9	Potenciar
9	Hidrología	Mantenimiento	Limpieza de drenajes	+	5	6	Potenciar
10	Vegetación	Mantenimiento	Reforestación de taludes	+	4	5	Potenciar

Total, de impactos adversos: 5 (moderados y temporales) - Basado en la metodología de Leopold.

Total de impactos positivos: 5 (permanentes y de alta importancia). El balance global indica una tendencia neta positiva, con un índice de impacto ambiental total (IIA) de +18 puntos, lo que confirma la viabilidad ambiental del proyecto siempre que se implementen las medidas de mitigación propuestas.

4.2.5. Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS)

El PGAS constituye el conjunto de medidas preventivas, correctivas y compensatorias orientadas a eliminar, minimizar o controlar los impactos negativos y a potenciar los efectos positivos. Incluye programas específicos de mitigación, monitoreo, contingencias, salud ocupacional y reforestación.



Tabla 7. Programa de medidas de mitigación ambiental

N°	Programa	Medida principal	Indicador de cumplimiento	Frecuencia	Responsable
1	Control de polvo y ruido	Riego de calzada, control de velocidad, mantenimiento de equipos.	<80 dB(A) / N° de riegos diarios.	Diario	Contratista / Supervisor ambiental
2	Manejo de aguas y sedimentos	Construcción de disipadores y filtros naturales.	% de obras operativas.	Semanal	Contratista / Interventoría
3	Manejo de residuos sólidos	Segregación, almacenamiento temporal y disposición final.	% de residuos gestionados correctamente.	Semanal	Contratista / Alcaldía
4	Restauración vegetal	Reforestación con especies nativas (mín. 1,000 plantas).	% de supervivencia \geq 80%.	Trimestral	SERENA / Alcaldía
5	Seguridad y salud ocupacional	Uso de EPP, charlas de seguridad, botiquín.	N° de accidentes laborales.	Semanal	Supervisor SySO
6	Participación ciudadana	Reuniones informativas, registro de quejas.	% de quejas resueltas en \leq 10 días.	Mensual	SERENA / Alcaldía



Tabla 8. Presupuesto ambiental estimado

N°	Componente	Actividad	Costo estimado (USD)	Porcentaje del presupuesto total
1	Control ambiental y SySO	Monitoreo, inspección y capacitación	6,000	16.6%
2	Manejo de residuos	Recolección, transporte y disposición final	4,000	10%
3	Reforestación y control de erosión	Siembra, viveros y mantenimiento	8,000	20%
4	Señalización ambiental	Carteles, vallas informativas y señalética temporal	2,500	6%
5	Contingencias ambientales	Fondo de emergencia ambiental	3,500	9%
6	Supervisión y monitoreo	Informes técnicos y seguimiento trimestral	7,000	18%
7	Participación y educación ambiental	Talleres, consultas y materiales divulgativos	5,000	12%
8	Total estimado	—	36,000 USD	100%

El presupuesto ambiental equivale aproximadamente al 37.89% del costo total del proyecto, valor coherente con las directrices del MTI y BCIE para proyectos viales rurales con impacto ambiental moderado.



4.2.6. Conclusiones del estudio ambiental

El análisis ambiental confirma que la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco es ambientalmente viable, ya que los impactos adversos identificados son temporales, localizados y mitigables, mientras que los beneficios ambientales y sociales son permanentes y de alta relevancia.

La implementación efectiva del PGAS, junto con la supervisión continua de las autoridades ambientales (SERENA, MTI y Alcaldía), garantizará el cumplimiento de la legislación vigente y el mantenimiento del equilibrio ecológico en la zona.

El proyecto contribuye directamente a los:

- **ODS 13 (Acción por el clima)**, al incorporar prácticas de mitigación de erosión y reforestación.
- **ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres)**, mediante la restauración vegetal y la reducción de presiones sobre el suelo.
- **ODS 11 (Comunidades sostenibles)**, al promover infraestructura resiliente y participación comunitaria.

En síntesis, el proyecto presenta una viabilidad ambiental integral, sustentada en la prevención, mitigación y compensación de impactos, así como en la gobernanza ambiental participativa conforme al régimen autonómico de la Costa Caribe.



4.3. Estudio Social

4.3.1. Introducción

El estudio social analiza la incidencia de la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km) sobre las condiciones de vida, movilidad, acceso a servicios y desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales ubicadas en su área de influencia directa e indirecta. Este análisis se enmarca en los principios del desarrollo local sostenible y la equidad territorial, pilares fundamentales del modelo autonómico de la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS).

La investigación se apoya en la caracterización socioambiental elaborada por UNOPS y MARENA (2023) y en observaciones de campo complementadas con entrevistas a informantes clave (autoridades municipales, líderes comunales y productores locales). El enfoque metodológico combina técnicas cualitativas (entrevistas, observación participante, talleres comunitarios) y cuantitativas (análisis de datos demográficos, nivel de ingreso, acceso a servicios y empleo).

El objetivo central del estudio es evaluar la pertinencia social y la aceptación comunitaria del proyecto, considerando los efectos directos e indirectos sobre las comunidades beneficiarias y su contribución al bienestar social, la inclusión territorial y la reducción de la pobreza rural.

4.4. Caracterización socioeconómica de la zona de influencia

El área de influencia del proyecto abarca comunidades rurales pertenecientes al municipio de Nueva Guinea (RACCS) y parcialmente al municipio de San Miguelito (Río San Juan). Entre las comunidades directamente beneficiadas se encuentran: Los Ángeles, El Danto, San Francisco, Punta Gorda y Nueva Holanda, además de otras en ramales secundarios como San Pablo, Piedra Fina, La Florida, Miravalle, Toro Bayo y El Escándalo.

a) Aspectos demográficos

De acuerdo con el Diagnóstico Socioeconómico Municipal de Nueva Guinea (Alcaldía, 2022), la población beneficiada directa asciende a 5,363 habitantes (50.6% mujeres y 49.4% hombres), mientras que los beneficiarios indirectos suman 5,737 personas adicionales,



totalizando 11,100 habitantes. La densidad poblacional del área es de 0.28 habitantes por hectárea, reflejando una estructura rural dispersa con predominio de hogares campesinos.

b) Estructura productiva y económica

El sustento económico de la población se basa en la ganadería extensiva, agricultura de subsistencia y comercio rural. Los principales productos agrícolas son maíz, frijol, yuca y plátano, complementados con cría de ganado bovino, porcino y aves de corral. El tramo carretero es vital para la movilización de productos agropecuarios hacia los mercados de Nueva Guinea, Bluefields y Juigalpa, por lo que su mejora impacta directamente en la competitividad de la economía local.

c) Acceso a servicios básicos

- **Educación:** Existen dos centros escolares principales en el tramo (Santa Lucía y Santa Teresa), que ofrecen educación inicial y primaria; la secundaria se imparte en modalidad sabatina en Los Ángeles y Nueva Holanda.
- **Salud:** No existen centros de salud permanentes en el tramo; la población acude al puesto médico del casco urbano (a 28 km).
- **Agua y saneamiento:** La mayoría de los hogares utiliza pozos y vertientes; no hay alcantarillado sanitario.
- **Energía eléctrica:** La cobertura es parcial (63%), con deficiencias en ramales rurales.
- **Transporte:** El servicio de transporte colectivo opera cuatro veces al día entre Los Ángeles y Nueva Guinea (5:00, 9:15, 12:00 y 15:00 h), limitando la movilidad laboral y estudiantil.

d) Condiciones de movilidad

Durante la época lluviosa, los encharcamientos en los sectores 6+000–8+500 y 17+000–20+000 provocan interrupciones del tránsito. Los medios alternativos incluyen motocicletas, caballos y carretas de bueyes. Los estudiantes y docentes enfrentan dificultades para trasladarse a los centros educativos durante los meses de mayor precipitación.



4.5. Impacto social del proyecto

Los impactos sociales se clasificaron en **positivos** (permanentes) y **negativos** (temporales), considerando las fases de **construcción, operación y mantenimiento**.

a) Impactos positivos

- 1. Mejora de la accesibilidad y conectividad:** Disminución de los tiempos de viaje en un 40–50% y reducción de los costos de transporte en un 30%, facilitando el acceso a mercados, escuelas y centros de salud.
- 2. Dinamización económica local:** Incremento del empleo directo durante la construcción (40–60 trabajadores) y del empleo indirecto (servicios, transporte, alimentación).
- 3. Fortalecimiento de la seguridad vial:** Disminución esperada de accidentes y riesgos de tránsito por señalización adecuada y drenaje funcional.
- 4. Reducción del aislamiento rural:** Las comunidades podrán mantener comunicación durante la temporada lluviosa, favoreciendo la integración territorial.
- 5. Empoderamiento comunitario:** Creación de comités de mantenimiento y vigilancia ambiental, con participación equitativa de mujeres y jóvenes.

b) Impactos negativos (temporales)

- 1. Ruido y polvo** durante la fase constructiva.
- 2. Restricciones parciales del tránsito** y cortes temporales en accesos vecinales.
- 3. Riesgos laborales menores** por manejo de maquinaria.
- 4. Interferencia visual temporal** por presencia de campamentos y maquinaria.

Estos efectos se consideran moderados y mitigables, y se gestionan mediante el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS), especialmente a través del programa de comunicación y atención ciudadana.



4.6. Aceptación social y participación ciudadana

El proceso de evaluación incluyó actividades de consulta y participación pública, conforme al Decreto N.º 36-2002 y los lineamientos del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA). Durante las visitas de campo se realizaron reuniones informativas con representantes comunales y productivos, quienes expresaron amplio respaldo al proyecto, destacando su importancia para el transporte escolar, la comercialización de productos agrícolas y el acceso a servicios básicos.

Las principales percepciones comunitarias recogidas fueron:

- *“Con esta carretera buena, nuestros hijos llegarán más seguros a la escuela.”*
- *“Será más fácil llevar los productos al mercado sin que se dañen por el mal camino.”*
- *“Esperamos que nos den empleo durante la obra y que mantengamos la vía limpia después.”*

El proyecto cumple el principio de participación informada, al incorporar la consulta comunitaria y la creación de un Comité de Seguimiento Local, responsable de canalizar quejas, propuestas y acciones de mantenimiento en coordinación con la Alcaldía de Nueva Guinea y SERENA.

4.6.1. Beneficios sociales esperados

La rehabilitación del tramo carretero generará **impactos estructurales positivos** en la economía y el bienestar de las comunidades, contribuyendo a los procesos de desarrollo humano y cohesión territorial.

Nº Categoría de impacto	Efecto esperado	Indicador de mejora
1 Movilidad y accesibilidad	Reducción de 40–50% en tiempo de traslado.	Tiempo medio de viaje (minutos).



N° Categoría de impacto	Efecto esperado	Indicador de mejora
2 Educación	Incremento de asistencia escolar en un 20%.	Matrícula escolar / año.
3 Salud	Mayor acceso a servicios médicos rurales.	Nº de visitas médicas / comunidad.
4 Economía local	Reducción del costo logístico en 30%.	Costo medio transporte / quintal.
5 Empleo	60 empleos directos y 120 indirectos generados.	Nº de trabajadores contratados.
6 Cohesión social	Mayor participación comunitaria.	Nº de reuniones / comités activos.

La combinación de estos beneficios promueve la inclusión social, el fortalecimiento del tejido productivo local y la integración territorial de la RACCS, contribuyendo a los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 10 (Reducción de desigualdades) y ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles).

4.7. Conclusiones del estudio social

El estudio social confirma que la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco es socialmente viable, equitativa y aceptada por las comunidades beneficiarias. La intervención responde a necesidades históricas de conectividad y desarrollo rural, y se percibe como una oportunidad para mejorar la calidad de vida, la inclusión social y la productividad local.

Los impactos positivos superan ampliamente los negativos, y las medidas de mitigación establecidas en el PGAS garantizan el respeto a los derechos, la participación y la seguridad de la población. Además, la incorporación de comités comunitarios de mantenimiento y



vigilancia ambiental fortalece la sostenibilidad a largo plazo, asegurando la corresponsabilidad social en la conservación de la infraestructura.

- La población manifiesta aceptación total del proyecto y disposición a colaborar en su mantenimiento.
- La obra impulsará el crecimiento económico local, fomentando empleo, movilidad y acceso a servicios esenciales.
- El proyecto se alinea con los principios de autonomía regional, equidad territorial y desarrollo sostenible definidos en la Estrategia Nacional de Educación y Desarrollo “Bendiciones y Victorias” 2024–2026.

Por tanto, la viabilidad social del proyecto es alta, y su ejecución fortalecerá el tejido social, económico y cultural del municipio de Nueva Guinea, consolidando un modelo de infraestructura vial con impacto humano y territorial sostenible.



CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS

5.1. Introducción

El presente capítulo integra los resultados obtenidos en los estudios técnico, ambiental y social, estableciendo un análisis comprensivo sobre la viabilidad integral del proyecto. A partir de la evidencia empírica y documental recopilada, se desarrollan tres niveles de interpretación:

1. **Nivel técnico-operativo**, enfocado en la eficiencia estructural, constructiva y funcional del diseño propuesto.
2. **Nivel ambiental-sistémico**, que evalúa la interacción del proyecto con los ecosistemas locales, el uso del suelo y los flujos hidrológicos.
3. **Nivel social-territorial**, orientado al impacto sobre la calidad de vida, la equidad, la productividad y la gobernanza comunitaria.

La integración de estos niveles permite comprender el proyecto no solo como una obra física, sino como un proceso de transformación territorial, capaz de articular el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental y la cohesión social. El análisis holístico reconoce que el éxito de una intervención vial rural no se mide únicamente por su factibilidad técnica, sino por su capacidad de generar resiliencia, inclusión y sostenibilidad a largo plazo.

5.2. Hallazgos del estudio técnico

El estudio técnico constituye la base estructural de la viabilidad del proyecto. A partir del diagnóstico de campo y de los criterios de diseño adoptados (MTI, 2018; NTON 12 012-20), se identificaron los siguientes hallazgos principales:

5.2.1. *Condiciones geotécnicas y topográficas favorables*

El terreno presenta pendientes suaves (1–6%), suelos de origen volcánico con CBR promedio de 25–30%, y bancos de materiales locales a menos de 8 km, lo que posibilita un proceso constructivo eficiente y de bajo costo. Estas condiciones reducen la necesidad de cortes y



rellenos, permitiendo la reutilización de materiales *in situ* y minimizando el impacto ambiental. Desde la ingeniería vial, esto se traduce en un diseño adaptable y de alta eficiencia energética, dado el menor consumo de combustible y maquinaria en el acarreo.

5.2.2. Diseño estructural y funcional

El diseño propuesto incorpora una sección tipo granular estabilizada, con subbase y base de 0.20 m cada una, y calzada de 5.5–6.0 m de ancho, lo que garantiza la transitabilidad en todo tiempo y la capacidad portante para tráfico rural mixto. La estructura diseñada tiene **una** vida útil proyectada de 15–20 años, sujeta a la implementación del plan de mantenimiento rutinario y periódico. Este aspecto evidencia una transición conceptual de la simple rehabilitación hacia una ingeniería de conservación que prioriza la durabilidad y el uso racional de recursos locales.

5.2.3. Evaluación de alternativas

El análisis comparativo de tres alternativas permitió demostrar que la rehabilitación reforzada (Alternativa 2) es la opción más equilibrada entre costo, desempeño y sostenibilidad:

- **Costo estimado:** 95,000 USD/km (nivel competitivo para caminos rurales de tercer orden). El valor de 95,000 USD por kilómetro corresponde a un costo unitario promedio de intervención, utilizado como referencia técnica en estudios de prefactibilidad para caminos rurales de tercer orden, especialmente no pavimentados o con superficie tipo macadán.
- **Durabilidad:** 15–20 años.
- **Impacto ambiental:** Bajo y mitigable.

La selección de esta alternativa muestra coherencia con el principio de optimización del ciclo de vida del proyecto, priorizando soluciones económicamente viables y ambientalmente responsables.

5.2.4. Eficiencia operativa y mantenimiento

El plan de mantenimiento vial sostenible propuesto articula el trabajo del MTI, las alcaldías locales y los comités comunitarios, promoviendo la gestión descentralizada de la



infraestructura. Este enfoque fortalece la resiliencia institucional y la sostenibilidad, al convertir el mantenimiento en una práctica socialmente compartida y no exclusivamente estatal.

5.2.5. Análisis interpretativo

El estudio técnico revela que la intervención es coherente con las condiciones del territorio y con la escala socioeconómica del tráfico existente (TMDA < 300 vehículos/día). Se trata de una solución tecnológicamente apropiada, que evita la sobreinversión y responde a la lógica de caminos rurales resilientes, orientados a la equidad territorial. En términos de ingeniería sostenible, el proyecto representa una sinergia entre conocimiento técnico y pertinencia social: construir menos, pero mejor, con materiales locales, baja huella ambiental y alta adaptabilidad.

5.3. Hallazgos del estudio ambiental

El estudio ambiental aporta la dimensión ecológica del proyecto, evidenciando su compatibilidad con el entorno físico-biótico y su conformidad con el marco legal ambiental de Nicaragua y la Costa Caribe.

5.3.1. Diagnóstico y valoración del entorno

El área de influencia directa (AID = 27.64 km²) se caracteriza por un entorno agropecuario de transición ecológica, donde la cobertura boscosa secundaria aún mantiene fragmentos de corredores naturales. La ausencia de áreas protegidas formales o ecosistemas frágiles dentro del área de obra reduce el riesgo de impactos irreversibles. El clima tropical húmedo y los suelos franco-arenosos demandan un drenaje eficaz para evitar erosión y colmatación, condición contemplada en el diseño hidráulico.

5.3.2. Evaluación de impactos ambientales

Mediante la Matriz de Leopold, se evaluaron 10 interacciones significativas entre acciones del proyecto y componentes del medio ambiente. El resultado global arrojó un Índice de Impacto Ambiental Total (IIA) = +18, evidenciando predominio de impactos positivos netos. Los impactos negativos (emisiones de polvo, remoción superficial, ruido) fueron clasificados



como temporales, localizados y mitigables, mientras que los positivos —seguridad vial, accesibilidad, restauración vegetal— son permanentes y sostenibles.

5.3.3. Gestión ambiental preventiva y correctiva

El Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) propuesto integra seis programas complementarios:

1. Mitigación de polvo, ruido y emisiones.
2. Control de sedimentos y drenaje.
3. Gestión de residuos sólidos y peligrosos.
4. Reforestación con especies nativas.
5. Seguridad y salud ocupacional (SySO).
6. Participación ciudadana y monitoreo.

El presupuesto ambiental estimado de 36,000 USD (4.5% del total) cumple con los estándares del BCIE para proyectos de bajo impacto, reflejando una política de ambientalización del costo de infraestructura. Este enfoque trasciende la simple mitigación para incorporar una ética de sostenibilidad, donde cada acción técnica está acompañada de su equivalente ecológica y social.

5.3.4. Cumplimiento normativo

El proyecto cumple plenamente con la legislación ambiental nacional (Ley 217, Decreto 20-2017, Ley 1163) y autonómica (Decreto 36-2002), asegurando la intervención bajo régimen de evaluación ambiental descentralizada. Esto refuerza el principio de **autonomía ambiental** de la RACCS, que garantiza que las decisiones se tomen en coherencia con la realidad ecológica y cultural local.

5.3.5. Análisis interpretativo

El componente ambiental demuestra que la rehabilitación vial puede ser un instrumento de ordenamiento ecológico del territorio, al reducir erosión, mejorar drenajes y restaurar cobertura vegetal. La ingeniería, en este contexto, deja de ser un agente de impacto y se



convierte en un agente de restauración ambiental, alineado con los ODS 13 (Acción por el clima) y ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres).

5.4. Hallazgos del estudio social

El estudio social revela que el éxito del proyecto depende directamente de su legitimidad social y pertinencia cultural. En este sentido, los hallazgos destacan una clara aceptación comunitaria, fundamentada en la percepción de la carretera como un medio de inclusión y progreso colectivo.

5.4.1. Perfil demográfico y socioeconómico

El proyecto beneficiará de forma directa a 5,363 personas y de manera indirecta a 5,737 adicionales, lo que representa el 8.4% de la población municipal. La población presenta una estructura joven (63% menor de 35 años), con predominio de familias campesinas dedicadas a la agricultura y ganadería. El bajo acceso a servicios básicos, especialmente en educación, salud y transporte, convierte la rehabilitación vial en una infraestructura habilitadora del desarrollo humano.

5.4.2. Impactos sociales

Los impactos positivos son contundentes:

- Reducción del 40–50% en los tiempos de viaje.
 - Incremento proyectado del 20% en la asistencia escolar.
 - Reducción del 30% en costos logísticos para productores locales.
 - Generación de 60 empleos directos y más de 100 indirectos.
- Los impactos negativos, vinculados al ruido, polvo y cortes temporales de tránsito, son moderados y mitigables.

5.4.3. Percepción y participación comunitaria

- a) Las consultas comunitarias (Decreto 36-2002) evidenciaron consenso social y sentido de pertenencia.



- b) La población percibe la carretera como un bien común y se compromete a participar en su mantenimiento.
- c) La creación del Comité Comunitario de Seguimiento Ambiental y Vial (CCSAV) fortalece la gobernanza local y garantiza la participación informada en la gestión postconstructiva.

5.4.4. Análisis interpretativo

Desde una perspectiva holística, el componente social demuestra que la infraestructura vial rural actúa como un catalizador de equidad y cohesión territorial. El proyecto no solo mejora la movilidad física, sino también la movilidad social, al conectar comunidades, mercados y servicios, transformando el aislamiento rural en integración productiva. Este impacto trasciende la obra misma: construir una carretera es, en esencia, construir oportunidades.

5.5. Análisis integral y holístico de los hallazgos

El enfoque holístico parte del reconocimiento de que la sostenibilidad no es la suma de componentes aislados, sino la interacción dinámica entre ellos. Así, la viabilidad técnica, la sostenibilidad ambiental y la aceptación social se comportan **como** subsistemas interdependientes que, al articularse, definen la resiliencia territorial del proyecto.

Tabla 9. Análisis holístico de la interacción entre las dimensiones técnica, ambiental y social del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Dimensión	Condición identificada	Interacción sistémica	Resultado integral
1	Técnica	Diseño eficiente, materiales locales, drenaje mejorado.	Reduce erosión y mejora la seguridad vial.	Incremento de durabilidad y funcionalidad.
2	Ambiental	Impactos controlados y PGAS implementable.	Favorece restauración vegetal y estabilidad de taludes.	Disminuye vulnerabilidad climática.



N°	Dimensión	Condición identificada	Interacción sistémica	Resultado integral
3	Social	Alta comunitaria local.	aceptación y empleo participativo y gobernanza local.	Mantenimiento y apropiación del proyecto.

El sistema resultante puede interpretarse como un ciclo virtuoso de sostenibilidad:

Infraestructura adecuada → Reducción de impactos → Confianza social → Mantenimiento comunitario → Durabilidad → Desarrollo sostenible.

Este encadenamiento demuestra que la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco no es únicamente una obra de ingeniería, sino una intervención social y ambiental estratégica para el desarrollo equitativo de la RACCS.

5.6. Contribución al desarrollo sostenible

El proyecto contribuye directamente a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** en tres ejes principales:

Tabla 10. Contribución del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km) al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

N° ODS	Meta específica alcanzada	Resultado del proyecto
1 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura	Desarrollar infraestructura rural resiliente y de bajo costo.	Camino de 23 km rehabilitado con materiales locales y diseño sostenible.
2 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	Mejorar la conectividad y movilidad segura en zonas rurales.	Reducción de tiempos de traslado y accidentes.



N° ODS	Meta específica alcanzada	Resultado del proyecto
3 ODS 13: Acción por el clima	Aumentar la capacidad adaptativa frente a riesgos climáticos.	Control de erosión, drenaje eficiente y reforestación de taludes.

El proyecto materializa el principio de infraestructura como instrumento de justicia social y ambiental, al integrar desarrollo económico, sostenibilidad ecológica y bienestar comunitario en un solo proceso.

5.7. Conclusión del capítulo

Los hallazgos evidencian que el proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km) alcanza una viabilidad integral elevada, sustentada en criterios de ingeniería apropiada, gestión ambiental responsable y aceptación social legítima. El análisis holístico permite concluir que:

- La **viabilidad técnica** garantiza un diseño funcional, eficiente y adaptable a las condiciones locales.
- La **viabilidad ambiental** demuestra que los impactos negativos son controlables y los beneficios ecológicos permanentes.
- La **viabilidad social** confirma la apropiación comunitaria y la inclusión territorial como ejes de sostenibilidad.

En conjunto, estos resultados posicionan al proyecto como un modelo de infraestructura rural sostenible, alineado con los principios de autonomía regional, gobernanza ambiental y desarrollo equitativo establecidos por el Estado de Nicaragua y la Estrategia Nacional “Bendiciones y Victorias” 2024–2026.



CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El presente capítulo desarrolla la propuesta integral de solución técnica, ambiental y social para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km), en el municipio de Nueva Guinea, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). Esta propuesta busca garantizar la transitabilidad permanente, la seguridad vial y la sostenibilidad ambiental y social del tramo, mediante una intervención que articule tecnología apropiada, eficiencia económica y participación comunitaria.

El diseño propuesto responde a tres principios fundamentales:

- 1. Eficiencia técnica:** selección de una estructura vial acorde con las condiciones geotécnicas y el volumen de tránsito.
- 2. Sostenibilidad ambiental:** incorporación de medidas de mitigación, reforestación y control de erosión.
- 3. Pertinencia social y territorial:** promoción de la participación ciudadana y fortalecimiento de la gestión local del mantenimiento vial.

De este modo, la propuesta de solución no se limita a la ingeniería de caminos, sino que constituye una estrategia de desarrollo territorial, coherente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 13) y con la Estrategia Nacional de Educación y Desarrollo “Bendiciones y Victorias” 2024–2026.

6.1. Objetivos de la propuesta

6.1.1. Objetivo general

Diseñar una solución técnica, ambiental y socialmente viable para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km), que asegure la transitabilidad, durabilidad y sostenibilidad del camino en el tiempo, fortaleciendo el desarrollo económico y social de las comunidades beneficiarias.



6.1.2. Objetivos específicos

1. Establecer el diseño estructural óptimo del tramo, basado en parámetros geotécnicos, hidráulicos y de tránsito rural.
2. Definir las medidas ambientales preventivas y correctivas necesarias para mitigar los impactos negativos del proyecto.
3. Diseñar un plan de gestión participativa para la operación y mantenimiento, incorporando a las comunidades locales, la Alcaldía y el MTL.
4. Proponer un modelo financiero de ejecución que optimice los recursos económicos y garantice la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

6.2. Propuesta técnica de solución

6.2.1. Enfoque de diseño

El diseño técnico propuesto corresponde a la Alternativa 2: Rehabilitación Reforzada, seleccionada en el análisis comparativo por su equilibrio entre costo, durabilidad y sostenibilidad ambiental. La propuesta considera las condiciones de suelo, clima y topografía del tramo, priorizando el uso de materiales locales, sistemas de drenaje eficientes y mantenimiento participativo.

6.2.2. Componentes del diseño

Tabla 11. Estructura del pavimento

N° Elemento estructural	Espesor (m)	Material propuesto	Parámetro técnico (CBR, densidad, etc.)
1 Capa de rodadura	0.10	Grava triturada o zahorra natural	CBR \geq 60%, 95% Proctor modificado
2 Base granular	0.20	Material granular seleccionado	CBR \geq 50%, 95% Proctor
3 Subbase granular	0.20	Suelo estabilizado con arena o grava	CBR \geq 25%



N° Elemento estructural	Espesor (m)	Material propuesto	Parámetro técnico (CBR, densidad, etc.)
4 Subrasante compactada	0.30	Suelo local compactado	CBR \geq 15%, humedad óptima \pm 2%

La estructura fue dimensionada para un volumen de tránsito proyectado de 250–300 vehículos/día (TMDA), con predominio de vehículos livianos y camiones medianos.

a) Geometría y sección transversal tipo

- **Ancho total de calzada:** 6.00 m
- **Bermas laterales:** 0.75 m por lado (estabilizadas con suelo-cemento).
- **Pendiente transversal:** 3% para asegurar el drenaje superficial.
- **Pendiente longitudinal:** variable entre 1% y 6%.
- **Ancho total de sección vial:** 7.50 m.

b) Obras de drenaje

El diseño hidráulico incluye obras para garantizar la estabilidad y durabilidad de la vía:

Tabla 12. Obras de drenaje proyectadas para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N°	Obra de drenaje	Cantidad estimada	Dimensión	Observaciones técnicas
1	Alcantarillas metálicas o de concreto	48 unidades	Ø 24" – Ø 36"	Diseño hidráulico TR = 25 años
2	Cunetas trapezoidales	23 km	Ancho base 0.50 m	Revestidas con suelo cemento



N°	Obra de drenaje	Cantidad estimada	Dimensión	Observaciones técnicas
3	Cabezales y disipadores	48 unidades	—	En salida de alcantarillas
4	Cunetas colectoras y zanjas de desagüe	y Según pendiente	Profundidad 0.50– 0.80 m	En zonas de pendiente > 4%

c) Estabilización y control de erosión

- Revegetación con gramíneas y vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en taludes y bordes.
- Construcción de barreras vegetales vivas en puntos de drenaje natural.
- Implementación de disipadores de energía en descargas de alcantarillas.
- Mantenimiento anual con reposición de plantas y control de escorrentía.

d) Señalización y seguridad vial

- **Señales preventivas:** curvas, pendientes y zonas escolares.
- **Señales reglamentarias:** límites de velocidad, paso preferente.
- **Señales informativas:** distancia a comunidades y servicios.
- **Elementos de seguridad:** tachas reflectivas, hitos kilométricos y pintura termoplástica en bordes.

6.3. Propuesta ambiental

6.3.1. Enfoque de sostenibilidad

El componente ambiental se fundamenta en el principio de “ingeniería verde”, que integra medidas de prevención, mitigación y compensación para reducir la huella ecológica del proyecto. Se mantiene el enfoque de gestión adaptativa del Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS).



a) Ejes estratégicos del PGAS

1. Control de emisiones y ruido:

- Riego periódico de calzada.
- Mantenimiento preventivo de maquinaria.
- Restricción de velocidad en zonas pobladas (<30 km/h).

2. Gestión de residuos sólidos y peligrosos:

- Clasificación en origen (orgánicos, reciclables, peligrosos).
- Disposición final en sitio autorizado por la Alcaldía.
- Capacitación del personal en manejo adecuado.

3. Protección de cuerpos de agua y drenaje:

- Evitar vertidos directos a quebradas.
- Implementar zanjas de infiltración y filtros naturales.
- Monitoreo bimensual de calidad del agua.

4. Reforestación y control de erosión:

- Reforestación de 10 ha con especies nativas (*Guácimo, Laurel, Cedro, Marango*).
- Índice mínimo de supervivencia del 80%.
- Mantenimiento trimestral durante 3 años.

5. Educación y participación ambiental:

- Campañas de sensibilización sobre residuos y conservación.
- Involucramiento de escuelas rurales y comunidades.
- Jornadas de limpieza y siembra coordinadas con SERENA.

b) Presupuesto ambiental

El presupuesto total del componente ambiental asciende a 36,000 USD, equivalente al 4.5% del costo total del proyecto, distribuidos en control ambiental, monitoreo, reforestación, seguridad y participación comunitaria.



6.4. Propuesta social y de gestión participativa

6.4.1. Enfoque de gestión social

El componente social parte del reconocimiento de que la sostenibilidad depende de la apropiación comunitaria del proyecto. Por tanto, la propuesta promueve un modelo de gestión participativa tripartita, conformado por el MTI, la Alcaldía de Nueva Guinea y los comités comunitarios de los sectores beneficiados.

a) Estructura de participación

Tabla 13. Roles y responsabilidades institucionales en la gestión participativa del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

N° Entidad	Rol principal	Responsabilidades específicas
1 MTI	Coordinación técnica	Supervisión general, control de calidad, seguimiento del PGAS.
2 Alcaldía de Nueva Guinea	Enlace institucional	Gestión de recursos, mantenimiento rutinario, educación ambiental.
3 Comités comunitarios	Participación monitoreo	y Apoyo en mantenimiento, vigilancia y control social.
4 SERENA – Gobierno Regional	Fiscalización ambiental	Verificación del cumplimiento del Decreto 36-2002.

b) Estrategias sociales

- 1. Capacitación comunitaria:** talleres sobre mantenimiento vial, reforestación y gestión de residuos.
- 2. Empleo local:** contratación de mano de obra local (al menos 60% del personal operativo).
- 3. Inclusión de género:** priorización de mujeres en brigadas ambientales y de monitoreo.



4. **Transparencia y control social:** publicación trimestral de informes financieros y técnicos.
5. **Mecanismos de comunicación:** buzones de quejas, asambleas informativas y radios comunitarias.

c) Impacto social esperado

- Reducción del aislamiento rural y fortalecimiento de la integración territorial.
- Incremento de los ingresos locales por mejora del acceso a mercados.
- Disminución del 40% en el tiempo de traslado hacia centros educativos y de salud.
- Fortalecimiento del capital social y la gobernanza local.

6.5. Propuesta financiera y de ejecución

6.5.1. Costo total estimado

Tabla 14. Presupuesto general estimado para la rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

Nº Componente	Monto estimado (USD)	Porcentaje del total
1 Obras de terracería y base granular	1,265,000	62%
2 Obras de drenaje y protección	325,000	16%
3 Señalización y seguridad vial	80,000	4%
4 Gestión ambiental (PGAS)	36,000	2%
5 Supervisión y administración	100,000	5%
6 Contingencias	110,000	6%
7 Total estimado	1,916,000 USD	100%

6.5.2. Fuentes de financiamiento

- **Gobierno de Nicaragua – MTI:** 60% del presupuesto.



- **Alcaldía de Nueva Guinea:** 20% (en especie y recursos logísticos).
- **Gobierno Regional de la RACCS:** 10% (en gestión ambiental y monitoreo).
- **Aportes comunitarios y cooperantes locales:** 10% (mano de obra, mantenimiento y monitoreo).

6.5.3. Cronograma general de ejecución

Tabla 15. Cronograma general de ejecución

Nº Fase	Duración estimada	Actividades principales
1 Preparación y diseño final	3 meses	Actualización topográfica, diseño hidráulico, licencias.
2 Ejecución de obras	12 meses	Rehabilitación, drenaje, señalización.
3 Implementación del PGAS	Paralela (12 meses)	Mitigación, reforestación, monitoreo ambiental.
4 Capacitación y mantenimiento comunitario	Desde el mes 6 en adelante	Talleres, patrullaje y control social.

Duración total estimada del proyecto: 15 meses.

6.6. Plan de mantenimiento sostenible

El mantenimiento es el pilar de la sostenibilidad del proyecto. Se propone un Plan de Mantenimiento Comunitario y Municipal (PMCM) articulado a tres niveles:

1. Mantenimiento rutinario:

- Limpieza de cunetas y alcantarillas (cada 3 meses).
- Reposición de material granular (cada 6 meses).
- Control de vegetación lateral (cada 2 meses).



2. Mantenimiento periódico:

- Reconfiguración de plataforma (cada 2 años).
- Reforestación complementaria (anual).
- Sustitución de señalización dañada (cada 3 años).

3. Mantenimiento correctivo:

- Reparación de obras hidráulicas o derrumbes (según ocurrencia).
- Coordinación inmediata con la Alcaldía y MTI.

El mantenimiento será financiado mediante un **fondo anual de conservación vial** administrado por la Alcaldía, con aportes del **MTI y comités locales**, asegurando transparencia mediante auditorías participativas.

6.7. Evaluación de la propuesta

La propuesta se evalúa desde tres perspectivas:

Tabla 16. Evaluación de desempeño técnico, ambiental, social, económico y de sostenibilidad del proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco (23 km)

Nº Criterio	Indicador de desempeño	Resultado esperado
1 Técnico	Durabilidad del pavimento y eficiencia estructural.	Vida útil ≥ 15 años.
2 Ambiental	Índice de cumplimiento del PGAS.	$\geq 90\%$ de medidas ejecutadas.
3 Social	Nivel de participación comunitaria.	$\geq 80\%$ de comunidades involucradas.
4 Económico	Relación beneficio/costo (B/C).	B/C = 1.52 (>1) indica rentabilidad.
5 Sostenibilidad	Continuidad del mantenimiento.	Fondo operativo permanente.



Los resultados proyectados demuestran una viabilidad integral alta, con retorno económico y social medible en un período de 5 años posteriores a la ejecución.

6.8. Conclusión del capítulo

La propuesta de solución constituye un modelo de infraestructura vial rural sostenible, que integra ciencia, técnica y participación comunitaria. El enfoque adoptado permite maximizar la eficiencia estructural, minimizar la huella ambiental y potenciar el impacto social positivo, fortaleciendo la conectividad, la economía local y la resiliencia de las comunidades de la RACCS.

Esta propuesta no solo rehabilita un camino: construye una vía hacia el desarrollo humano sostenible, articulando ingeniería, medio ambiente y comunidad en una misma dirección.



CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones generales

1. El proyecto de rehabilitación del tramo carretero Los Ángeles – San Francisco es técnica, ambiental y socialmente viable. Los estudios realizados demuestran que la intervención cumple con los parámetros de diseño establecidos por el MTI y las normas técnicas nacionales, ajustándose a las condiciones topográficas, geotécnicas y climáticas del territorio. La solución propuesta —rehabilitación reforzada— garantiza una vida útil proyectada de 15 a 20 años, con bajo impacto ambiental y alta aceptación social.
2. La infraestructura vial propuesta responde a un modelo de desarrollo territorial sostenible. El proyecto trasciende la función de conectividad física al convertirse en un instrumento de integración social, económica y ambiental. Favorece la movilidad, reduce la desigualdad territorial y promueve el acceso a servicios esenciales (salud, educación, mercados), alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 13).
3. La solución técnica es congruente con las condiciones del entorno natural y la escala del tráfico rural. La sección tipo granular estabilizada (base y subbase de 0.20 m) resulta apropiada para el tránsito proyectado (<300 vehículos/día). Su implementación reduce los costos de inversión (95,000 USD/km), optimiza el uso de materiales locales y mejora la capacidad estructural, cumpliendo con la política de infraestructura vial de bajo costo y alta eficiencia del Estado de Nicaragua.
4. El componente ambiental se gestiona de manera preventiva y participativa. Los impactos adversos identificados son temporales, localizados y mitigables, mientras que los beneficios ambientales —como la reforestación, el control de erosión y la mejora del drenaje natural— son permanentes y acumulativos. La aplicación del Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) con un presupuesto del 4.5% del costo total asegura la sostenibilidad ecológica del proyecto.
5. La dimensión social confirma una amplia aceptación comunitaria y legitimidad del proyecto. Las comunidades de Los Ángeles, El Danto, San Francisco, Punta Gorda y Nueva Holanda expresaron consenso favorable respecto a la obra, reconociéndola como una oportunidad de progreso. La participación ciudadana en la planificación y



- el mantenimiento garantiza la apropiación social de la infraestructura y su permanencia en el tiempo.
6. El modelo de gestión propuesto fortalece la gobernanza local y la autonomía regional. La articulación entre el MTI, la Alcaldía de Nueva Guinea, la SERENA y los Comités Comunitarios de Mantenimiento constituye un esquema descentralizado y eficiente, conforme al Decreto 36-2002, que otorga competencias ambientales y de planificación a los gobiernos autónomos de la RACCS. Este modelo institucionaliza la corresponsabilidad social en la gestión del camino.
 7. El proyecto contribuye directamente al desarrollo económico y humano de la RACCS. Se proyecta una reducción del 40% en tiempos de viaje y del 30% en costos de transporte, además del incremento del 20% en asistencia escolar y la generación de 60 empleos directos durante la ejecución. Estos efectos inciden en la productividad agrícola, la competitividad territorial y la mejora de los indicadores de bienestar social.
 8. La rehabilitación vial actúa como catalizador del ordenamiento territorial y la resiliencia climática. Al mejorar el drenaje y estabilizar los taludes, el proyecto disminuye la vulnerabilidad a deslizamientos y erosión, fortaleciendo la capacidad adaptativa frente a fenómenos climáticos extremos. Este resultado refuerza el cumplimiento del ODS 13 (Acción por el clima) y promueve la infraestructura resiliente en zonas de alta pluviosidad.
 9. La integración de criterios técnicos, sociales y ambientales define un modelo replicable de infraestructura sostenible. El proceso metodológico desarrollado puede servir de referencia para proyectos similares en la Costa Caribe, al demostrar que la ingeniería apropiada y la participación social son factores clave para el éxito de las obras públicas en contextos rurales.
 10. El proyecto fortalece el principio de “infraestructura con pertinencia territorial”. La intervención se adapta a la identidad productiva y cultural del territorio, respetando la autonomía de gestión local y el equilibrio ecológico. En este sentido, la rehabilitación del tramo se convierte en una obra de ingeniería comunitaria, coherente con la visión de desarrollo endógeno impulsada por la política nacional.
-



7.2. Conclusiones específicas por componente

7.2.1. Componente técnico

- La alternativa de rehabilitación reforzada resulta óptima por su equilibrio entre costo, durabilidad y facilidad de mantenimiento.
- Los parámetros de diseño (CBR, pendientes, drenaje) son compatibles con la topografía y el régimen hídrico local.
- El uso de materiales locales y tecnologías apropiadas reduce los costos y la huella ambiental, fortaleciendo la economía regional.
- El plan de mantenimiento garantiza la vida útil del tramo mediante limpieza periódica, reposición de material y control de vegetación.

7.2.2. Componente ambiental

- El PGAS propuesto es integral y factible de implementar, con programas de mitigación, reforestación, seguridad y monitoreo continuo.
- La Matriz de Leopold refleja un balance ambiental positivo (IIA = +18), evidenciando predominio de beneficios ecológicos y sociales.
- La gestión ambiental bajo la coordinación de SERENA asegura cumplimiento normativo y control participativo.
- La reforestación de taludes con vetiver y especies nativas fortalecerá la protección del suelo y la biodiversidad local.

7.2.3. Componente social

- Las comunidades reconocen el proyecto como un medio de desarrollo inclusivo.
- La creación de comités locales fomenta la sostenibilidad social y el empoderamiento ciudadano.
- El aumento del empleo temporal y el fortalecimiento de la conectividad impulsan la reactivación económica local.
- La educación vial y ambiental promueve la coexistencia armónica entre infraestructura y comunidad.



7.3. Conclusión integradora

El estudio de prefactibilidad y diseño técnico para la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco (23 km) demuestra que es posible construir infraestructura rural sostenible a partir de la convergencia entre la ingeniería, la gestión ambiental y la participación comunitaria. El proyecto no solo mejora la movilidad, sino que reconfigura el territorio como un sistema vivo, donde la carretera actúa como eje articulador de oportunidades, cohesión social y sostenibilidad ecológica.

La investigación confirma que:

- La ingeniería puede ser socialmente inclusiva.
- El desarrollo puede ser ambientalmente responsable.
- La participación ciudadana puede ser técnicamente eficiente.

En conjunto, estos principios evidencian que la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco constituye un modelo de infraestructura resiliente y territorialmente pertinente, que aporta de manera directa al fortalecimiento del modelo autonómico de la Costa Caribe Sur y a las metas del Plan Nacional de Desarrollo Humano.



CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

8.1. Recomendaciones técnicas

1. Implementar la alternativa de rehabilitación reforzada como diseño definitivo, debido a su equilibrio entre costo, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones del terreno.
 - Esta solución técnica reduce costos de mantenimiento y permite la reutilización de materiales locales, optimizando la eficiencia estructural.
2. Fortalecer los estudios de ingeniería de detalle antes del inicio de la fase constructiva, con énfasis en:
 - Ensayos geotécnicos complementarios (CBR, densidad, granulometría y límites de Atterberg).
 - Levantamiento topográfico de precisión y aforos de tráfico actualizados.
 - Diseño hidráulico detallado con modelación de caudales para períodos de retorno de 25 años.
3. Garantizar la calidad constructiva mediante un plan de control técnico que incluya:
 - Supervisión permanente de compactación, densidad y humedad óptima.
 - Registro fotográfico y fichas diarias de avance físico.
 - Protocolos de recepción técnica por tramos (cada 5 km).
4. Adoptar criterios de ingeniería sostenible, priorizando:
 - Materiales de bajo impacto ambiental (zahorras locales, reciclaje de pavimento existente).
 - Sistemas de drenaje natural y bioingeniería de taludes.
 - Uso eficiente de combustible y maquinaria durante la obra.
5. Establecer un plan integral de mantenimiento vial con recursos garantizados, distinguiendo entre:
 - Mantenimiento rutinario (limpieza de drenajes, bacheo menor, control de vegetación).
 - Mantenimiento periódico (reconformación de plataforma, reforestación y reemplazo de señalización).
 - Mantenimiento correctivo (reparación de obras hidráulicas).Este plan debe ejecutarse bajo la responsabilidad compartida del MTI, la Alcaldía y los comités comunitarios.



8.2. Recomendaciones ambientales

1. Aplicar rigurosamente el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS), garantizando la ejecución de todos los programas de mitigación, control, monitoreo y compensación.
 - La gestión ambiental debe ser supervisada por personal técnico especializado en SySO y monitoreo ambiental.
2. **Fortalecer la coordinación con SERENA** (Secretaría de Recursos Naturales de la RACCS) para asegurar:
 - La verificación de cumplimiento del Decreto N.º 36-2002 (Régimen Ambiental de la Costa Caribe).
 - La emisión de los permisos ambientales de conformidad con el Sistema de Evaluación Ambiental (SEA).
3. **Promover la reforestación y conservación del entorno natural:**
 - Implementar el programa de revegetación de taludes con especies nativas de rápido crecimiento (vetiver, guácimo, marango).
 - Establecer un vivero temporal para producción de plantas durante el período constructivo.
 - Realizar monitoreos semestrales de supervivencia vegetal.
4. **Prevenir la contaminación de suelos y cuerpos de agua mediante:**
 - Construcción de filtros naturales y zanjas de infiltración.
 - Control de residuos sólidos y líquidos en campamentos y talleres.
 - Evitar el vertido de hidrocarburos y lubricantes al suelo.
5. **Fortalecer la educación ambiental en comunidades y trabajadores, promoviendo el uso racional de recursos naturales y el respeto al entorno.**
6. **Asignar recursos económicos suficientes (mínimo 4.5% del presupuesto total de obra) para la ejecución y seguimiento de las medidas ambientales.**



8.3. Recomendaciones sociales

1. Consolidar la participación comunitaria en todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la operación.
 - Los comités locales deben ser actores activos en la supervisión, ejecución y mantenimiento.
 - Debe garantizarse la representación equitativa de mujeres y jóvenes en estos comités.
2. Priorizar la contratación de mano de obra local, con una meta mínima del 60% del personal operativo proveniente de las comunidades beneficiarias, fomentando el empleo y el aprendizaje técnico.
3. Desarrollar programas de capacitación en:
 - Mantenimiento vial comunitario.
 - Seguridad y salud ocupacional.
 - Educación vial y ambiental. Estos programas deberán impartirse con el apoyo de la Alcaldía, el MTI y organizaciones locales.
4. Garantizar la transparencia y rendición de cuentas, mediante:
 - Publicación periódica de avances técnicos y financieros.
 - Reuniones trimestrales abiertas con las comunidades.
 - Establecimiento de un mecanismo de atención a quejas y sugerencias.
5. Impulsar la educación vial rural, incluyendo campañas dirigidas a conductores, estudiantes y pobladores sobre el uso responsable de la vía y la seguridad peatonal.
6. Integrar la perspectiva de género y juventud en el proceso de ejecución y monitoreo, asegurando igualdad de oportunidades y fortalecimiento del liderazgo local.

8.4. Recomendaciones institucionales

1. Formalizar un convenio interinstitucional entre el MTI, la Alcaldía de Nueva Guinea, SERENA y el Gobierno Regional de la RACCS para la gestión coordinada del proyecto.
 - El convenio debe establecer claramente las competencias de cada entidad, los mecanismos de financiamiento y las responsabilidades de seguimiento.



2. Establecer un Comité Técnico de Seguimiento (CTS) conformado por representantes de las instituciones mencionadas, universidades y líderes comunitarios, encargado de:
 - Supervisar el cumplimiento técnico, ambiental y social del proyecto.
 - Evaluar el desempeño del mantenimiento vial y del PGAS.
 - Promover la actualización de información en un sistema de registro digital.
3. Incorporar la experiencia del proyecto en la planificación regional, integrándolo a los instrumentos de desarrollo local, como el Plan de Desarrollo Municipal y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Nueva Guinea.
4. Fortalecer las capacidades institucionales locales, mediante asistencia técnica y formación en:
 - Gestión de proyectos viales.
 - Evaluación de impacto ambiental.
 - Participación ciudadana y control social.
5. Establecer una línea presupuestaria específica para mantenimiento vial rural dentro del presupuesto municipal anual, asegurando su continuidad después de la ejecución de la obra.

8.5. Recomendaciones estratégicas para la sostenibilidad

1. Adoptar el enfoque de infraestructura resiliente, que combine ingeniería apropiada, adaptación climática y gestión comunitaria, de acuerdo con los lineamientos del BCIE y el Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2025–2026.
2. Monitorear indicadores de desempeño sostenible, tales como:
 - Durabilidad estructural (años de servicio sin intervención mayor).
 - Nivel de satisfacción comunitaria.
 - Cobertura de mantenimiento y participación ciudadana.
 - Impactos ambientales positivos (reforestación, erosión reducida).
3. Replicar el modelo de rehabilitación participativa en otros tramos rurales de la RACCS, adaptándolo a las condiciones ecológicas y socioeconómicas locales. Este enfoque puede constituirse en una política pública regional de caminos rurales sostenibles.



4. Fomentar alianzas con universidades e instituciones técnicas (UNI, BICU, URACCAN) para desarrollar programas de investigación aplicada en:
 - Materiales de construcción sostenibles.
 - Innovaciones en drenaje y control de erosión.
 - Modelos de mantenimiento con participación comunitaria.
5. Promover el financiamiento continuo del mantenimiento vial mediante esquemas mixtos:
 - Fondos municipales y regionales.
 - Cooperación internacional (BCIE, BID).
 - Aportes de productores locales a cambio de mantenimiento preventivo.

8.7. Conclusión del capítulo

Las recomendaciones aquí formuladas buscan transformar la rehabilitación del tramo Los Ángeles – San Francisco en una experiencia integral de gestión sostenible, que combine la excelencia técnica con la inclusión social y la responsabilidad ambiental.

El éxito del proyecto dependerá de la voluntad institucional, la participación ciudadana y la planificación coordinada entre los actores locales y nacionales.

La sostenibilidad de una obra no se mide por su costo ni por su longitud, sino por su capacidad de seguir sirviendo a las comunidades con dignidad, equidad y respeto al entorno.

Por ello, se recomienda institucionalizar el enfoque aplicado en esta tesis como un modelo de infraestructura rural con pertinencia territorial y sostenibilidad comunitaria, replicable en toda la Costa Caribe Sur de Nicaragua.



CAPÍTULO IX: REFERENCIAS

- American Psychological Association. (2020). Publication Manual of the American Psychological Association (7th ed.). Washington, D.C.: APA. <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (1996). Ley N.º 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. La Gaceta, Diario Oficial No. 105 del 6 de junio de 1996. <https://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2002). Decreto N.º 36-2002, Régimen Ambiental de la Costa Caribe Nicaragüense. La Gaceta, Diario Oficial No. 135 del 17 de julio de 2002.
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2009). Ley N.º 681, Ley Orgánica de la Contraloría General de la República. La Gaceta, Diario Oficial No. 149 del 7 de agosto de 2009.
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2020). Ley N.º 1163, Digesto Jurídico en Materia Ambiental. La Gaceta, Diario Oficial No. 12 del 17 de enero de 2020.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2017). Decreto N.º 20-2017, Sistema de Evaluación Ambiental (SEA). La Gaceta, Diario Oficial No. 142 del 28 de julio de 2017.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2018). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Dirección General de Normas y Especificaciones. Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2018). Guía de Caminos Rurales. Dirección de Planificación Vial y Conservación. Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2023). Plan Nacional de Infraestructura Vial Rural 2023–2030. Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA). (2025). Estrategia Nacional de Educación y Desarrollo “Bendiciones y Victorias” 2024–2026. Managua, Nicaragua.



- Instituto Nicaragüense de Normas Técnicas (INN). (2020). NTON 12 012-20: Especificaciones para diseño y construcción de carreteras y caminos rurales. Managua, Nicaragua.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2019). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (ASTM D1557-12). West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D1557-12>
- Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). (2022). Política de Sostenibilidad Ambiental y Social. Tegucigalpa, Honduras. <https://www.bcie.org/es>
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular 645. U.S. Department of the Interior. <https://pubs.usgs.gov/circ/0645/report.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2023). UNESCO Thesaurus. <https://vocabularies.unesco.org/thesaurus>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Guidelines for Environmentally Sustainable Infrastructure. Nairobi, Kenya. <https://wedocs.unep.org>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). Infraestructura sostenible para la integración territorial y la resiliencia climática. Washington, D.C. <https://publications.iadb.org>
- Flores Pacheco, J. A. (2025). Indicadores de productividad científica con enfoque comunitario e intercultural en Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Tesis doctoral. Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).
- Alcaldía Municipal de Nueva Guinea. (2022). Diagnóstico Socioeconómico y Productivo del Municipio de Nueva Guinea. Departamento de Planificación y Desarrollo Local.



Secretaría de Recursos Naturales (SERENA). (2023). Informe Ambiental Regional de la Costa Caribe Sur. Gobierno Regional Autónomo.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2023). Guía para la Integración de los ODS en la Planificación del Desarrollo Local. Managua, Nicaragua.

Oficina Regional del BCIE en Nicaragua. (2024). Manual de Evaluación Ambiental para Proyectos Financiados por el BCIE. Managua, Nicaragua.



CAPÍTULO X: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1. Presupuesto

N	Rubro	Cantidad	Precio unitario (C\$)	Costo total (C\$)
1	Aplicación de encuestas estructuradas	12	1600	19200
2	Entrevistas semiestructuradas a actores clave	8	1500	12000
3	Análisis estadístico de datos (R y Excel)	1	9500	9500
4	Revisión documental y sistematización	2	2500	5000
5	Gastos operativos (papelería, energía, internet)	2	1000	2000
6	Visualización de resultados (Power BI)	1	3000	3000
7	Almuerzo	6	250	1500
8	Desayuno	6	150	900
9	Cena	6	200	1200
1				
0	Hospedaje	3	800	2400
1				
1	Transporte	2	700	1400
	TOTAL			58100



2. Cronograma

N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
1	Desarrollo de seminarios	Noviembre 2024	Estudiantes y docentes	Curso finalizado
2	Definición del tema de tesis	Diciembre 2024	Estudiantes y docentes	Tema definido
3	Entrega oficial de carta de presentación de tema	Enero - Febrero 2025	Estudiante y tutor	Carta entregada
4	Asignación de tutores	Febrero 2025	Comité Académico y Coordinación	Tutores asignados
5	Reunión general y entrega de formatos	11 de abril 2025	Coordinación de Maestría	Reunión ejecutada
6	Preparación del protocolo	25 de abril - 23 de mayo 2025	Estudiante y tutor	Protocolo terminado
7	Entrega de protocolo de tesis	24 - 31 de mayo 2025	Estudiante y tutor	Protocolo entregado
8	Revisión y aprobación del protocolo	02 - 06 de junio 2025	Comisión Académica	Carta de aprobación



N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
9	Desarrollo de tesis - Parte I	09 - 13 de junio 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance I
10	Desarrollo de tesis - Parte II	14 junio - 30 julio 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance II
11	Desarrollo de tesis - Parte III	01 - 29 septiembre 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance III
12	Desarrollo de tesis - Parte IV	01 - 30 octubre 2025	Estudiante y tutor	Informe de avance IV
13	Entrega del documento final con visto bueno del tutor	31 de octubre 2025	Estudiante y tutor	Tesis final entregada
14	Conformación de jurados evaluadores	15 - 31 octubre 2025	Coordinador y Comité	Jurados designados
15	Revisión del documento por parte del jurado	03 - 16 noviembre 2025	Jurados evaluadores	Documento revisado
16	Defensa de tesis (presentación final)	17 - 21 noviembre 2025	Jurados y estudiantes	Tesis defendida
17	Entrega de tesis empastadas y CD's	21 noviembre - 19 diciembre 2025	Estudiante	Tesis empastada entregada



N°	Actividad	Fecha	Responsables	Producto Esperado
18	Proceso de legalización y apostillamiento	22 - 26 diciembre 2025	Departamento de Posgrado	Títulos legalizados
19	Entrega de títulos	Por definir	Departamento de Posgrado	Título de Máster



CAPÍTULO XI: ANEXOS

1. Instrumentos de recolección de datos

Guía de Observación Técnica Estructurada

Objetivo: Registrar condiciones físicas del tramo, puntos críticos de movilidad y estado del sistema de drenaje.

VARIABLES OBSERVADAS:

- Estado de la capa de rodadura (macadán)
- Presencia de baches, erosión y pegaderos
- Existencia y condición de cunetas y alcantarillas
- Pendiente longitudinal y transversal
- Señalización existente o ausente
- Obstáculos físicos o sociales en el derecho de vía

FORMATO DE CAMPO:

Estación	Coordenada GPS	Daños identificados	Tipo de daño	Longitud estimada (m)	Observaciones fotográficas
----------	----------------	---------------------	--------------	-----------------------	----------------------------

2. Guía de Entrevista Semiestructurada a Actores Clave

Objetivo: Recoger percepciones cualitativas sobre los problemas del tramo, propuestas de mejora, y experiencia institucional previa.

TEMAS GUÍA:

- Experiencias de uso y mantenimiento del tramo
- Principales impactos del deterioro vial
- Propuestas técnicas y logísticas desde la institución o comunidad
- Opinión sobre la factibilidad de rehabilitación

3. Ficha Comunitaria de Evaluación de Acceso a Servicios

Objetivo: Sistematizar datos sobre transporte, educación, salud y comercio.

ESTRUCTURA:

- Nombre de la comunidad



- Medios de transporte predominantes
- Tiempo promedio de traslado al centro urbano
- Accesibilidad en época lluviosa (sí/no)
- Servicios más afectados por el mal estado de la vía

4. Cuaderno de Campo / Bitácora Técnica

Objetivo: Registrar hallazgos, condiciones climáticas, incidentes o contingencias.

Contenido:

- Fecha, lugar, responsable de campo
- Actividades realizadas
- Situaciones relevantes (lluvias, resistencia comunitaria, problemas logísticos)
- Anexos: croquis, fotos, firmas de actores entrevistados

5. Formato de Revisión Documental

Objetivo: Evaluar estudios previos, estadísticas, mapas, leyes y normativa técnica.

Contenido:

Fuente consultada	Tipo de documento	Relevancia para el estudio	Variables extraídas	Observaciones
-------------------	-------------------	----------------------------	---------------------	---------------

6. Guía para Grupo Focal Comunitario

Objetivo: Profundizar en la percepción de impacto social, económico y ambiental del tramo.

Temas centrales:

- Uso cotidiano de la vía
- Problemas en el acceso a servicios
- Afectaciones durante lluvias
- Propuestas comunitarias para el diseño y mantenimiento de la vía
- Reacción ante alternativas de intervención vial

