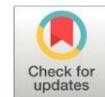


Plan estratégico para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga en el cantón Esmeraldas, Ecuador

Strategic plan for the rehabilitation of the Yee-Vuelta Larga Road in Esmeraldas, Ecuador

- ¹ Jaime Leopoldo Arellano Ortiz  <https://orcid.org/0009-0005-9450-5556>
Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), La Libertad, Ecuador.
jaime.arellanoortiz6178@upse.edu.ec
- ² Jorge Javier Guevara Robalino  <https://orcid.org/0000-0002-8314-6712>
Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), La Libertad, Ecuador.
jguevarar@upse.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
jj.guevara@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/07/2025

Revisado: 18/08/2025

Aceptado: 03/09/2025

Publicado: 26/09/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i3.1.3503>

Cítese:

Arellano Ortiz, J. L., & Guevara Robalino, J. J. (2025). Plan estratégico para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga en el cantón Esmeraldas, Ecuador. *ConcienciaDigital*, 8(3.1), 40-61.

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i3.1.3503>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Palabras claves:

Plan estratégico,
rehabilitación vial,
pavimento
flexible, desarrollo
rural,
infraestructura
vial, conectividad
rural, AASHTO
93

Keywords:

Strategic plan,
road
rehabilitation,
flexible
pavement, rural
development,
road
infrastructure,
rural connectivity,
AASHTO 93

Resumen

Introducción: la infraestructura vial constituye un elemento fundamental para el desarrollo socioeconómico de las regiones rurales. En Ecuador, la conectividad terrestre deficiente limita el acceso a servicios básicos y oportunidades de desarrollo en comunidades rurales. **Objetivo:** desarrollar un plan estratégico integral para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga mediante la evaluación técnica, social, económica y ambiental de la infraestructura existente. **Metodología:** se realizó un estudio descriptivo-analítico que incluyó levantamiento topográfico, estudios de tráfico vehicular, análisis de mecánica de suelos, evaluación de pavimentos, estudios hidrológicos y análisis presupuestario. La metodología AASHTO 93 fue empleada para el diseño estructural del pavimento flexible. **Resultados:** el análisis reveló un TPDA actual de 44 vehículos/día con proyección a 209 vehículos/día en 20 años. Los estudios de suelos mostraron CBR entre 3.42% y 11.34%. El presupuesto total del proyecto asciende a USD \$4,206,465.58 para 27.5 km de vía. **Conclusión:** el plan estratégico propuesto integra soluciones técnicas sostenibles con participación comunitaria, estableciendo un modelo replicable para la rehabilitación de infraestructura vial rural en Ecuador. **Área de estudio general:** Ingeniería Civil. **Área de estudio específica:** Infraestructura Vial. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Abstract

Introduction: road infrastructure constitutes a fundamental element for the socioeconomic development of rural regions. In Ecuador, poor terrestrial connectivity limits access to basic services and development opportunities in rural communities. **Objective:** to develop a comprehensive strategic plan for the rehabilitation of the Yee-Vuelta Larga Road through technical, social, economic, and environmental evaluation of existing infrastructure. **Methodology:** a descriptive-analytical study was conducted including topographic survey, vehicular traffic studies, soil mechanics analysis, pavement evaluation, hydrological studies, and budget analysis. The AASHTO 93 methodology was employed for the structural design of flexible pavement. **Results:** the analysis revealed a current AADT of 44 vehicles/day with projection to 209 vehicles/day in 20 years. Soil studies showed CBR between 3.42% and 11.34%. The total project budget amounts to USD \$4,206,465.58 for 27.5 km of

road. **Conclusion:** the proposed strategic plan integrates sustainable technical solutions with community participation, establishing a replicable model for rural road infrastructure rehabilitation in Ecuador. **General Area of Study:** Civil Engineering. **Specific area of study:** Road Infrastructure. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico y social de cualquier región, especialmente en áreas rurales donde la conectividad determina el acceso a servicios básicos, mercados y oportunidades de desarrollo (Banco Mundial, 2024). En Ecuador más del 40% de las comunidades rurales carecen de acceso a carreteras pavimentadas, lo que impide su progreso económico y social, perpetuando condiciones de pobreza y desigualdad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021). Esta problemática se agudiza en la provincia de Esmeraldas, donde las condiciones geográficas y climáticas particulares presentan desafíos adicionales para el desarrollo y mantenimiento de infraestructura vial adecuada.

1.1. Antecedentes del problema

Las inversiones en infraestructura rural pueden aumentar la producción agrícola en un 20% y mejorar el ingreso de los agricultores en un 30%, según estudios realizados por organismos internacionales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2021). Sin embargo existe una notable escasez de estudios que analicen la efectividad de las distintas estrategias para la construcción y mantenimiento de estas infraestructuras, especialmente en contextos socioeconómicos diversos.

Los pavimentos flexibles, comúnmente empleados en zonas rurales y urbanas por su costo y facilidad de mantenimiento, tienden a deteriorarse rápidamente si no se aplican estrategias adecuadas de diseño, drenaje y conservación (Benavides-Arbulú et al., 2020, Buestán & Villa, 2024). El deterioro progresivo de la calzada, junto con problemas estructurales como el colapso de drenajes y el paso frecuente de vehículos pesados, reducen la vida útil de las vías y generan altos costos de rehabilitación, tanto para los gobiernos como para los usuarios (Baque-Solis, 2020).

La metodología AASHTO 93 es ampliamente utilizada para el diseño estructural de pavimentos flexibles, proporcionando procedimientos sistemáticos para el diseño y rehabilitación de estructuras de pavimento (Cedeño, 2024; Velandia, 2023).

1.2. Contexto geográfico y socioeconómico

El cantón Esmeraldas ubicado en la costa norte de Ecuador, es una región rica en biodiversidad y recursos naturales, pero también enfrenta desafíos significativos en términos de desarrollo socioeconómico. Sus zonas rurales, que albergan a una parte importante de la población, dependen en gran medida de la agricultura, la pesca y el turismo. La Ruta Turística del Río Teaone ubicada en tres parroquias: Carlos Concha, Tabiázo y Vuelta Larga, del cantón Esmeraldas, constituye un producto turístico conformado por balnearios de agua dulce que forman parte del inventario de atractivos turísticos ofertados a turistas locales, nacionales y extranjeros (Erazo et al., 2024).

La vía Yee-Vuelta Larga no solo actúa como un eje de conexión esencial entre diversas localidades, sino que también se constituye como un corredor clave para el comercio y el transporte de bienes y servicios. Sin embargo el deterioro de esta vía generó múltiples problemas que impactan la movilidad de los habitantes y la actividad económica de la zona, incluyendo hundimiento de la calzada, diseño ineficiente de sistemas de drenaje y desgaste provocado por el uso frecuente de vehículos pesados.

1.3. Planificación estratégica en infraestructura vial

La planificación estratégica en infraestructura vial rural es fundamental para el desarrollo socioeconómico y la conectividad territorial (Toscano, 2024). Debe considerar no solo aspectos técnicos, sino también factores sociales, económicos y ambientales. Según Montaña-Cañola & Espinoza-Correa (2022) la inclusión de sistemas urbanos de drenaje sostenibles permite prolongar la durabilidad de las vías en zonas vulnerables. Asimismo, la participación comunitaria en los procesos de gestión y mantenimiento fortalece el sentido de corresponsabilidad y mejora la efectividad de las intervenciones.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023) apoya a Ecuador a mejorar caminos rurales y accesibilidad de la población a salud y educación, reconociendo que la mejora de conectividad en las áreas rurales promueve la productividad agrícola y el desarrollo económico, reduce los tiempos de viaje y costos logísticos, permite al sector agropecuario transportar sus productos de manera más eficiente, contribuye al desarrollo de las MiPymes, a generar empleo y reducir las brechas entre lo urbano y rural.

1.4. Sostenibilidad y consideraciones ambientales

Es crucial considerar el impacto ambiental de las obras viales, promoviendo prácticas sostenibles que minimicen el daño a los ecosistemas locales. La adecuada gestión de los recursos naturales y la consideración de las condiciones ambientales son aspectos clave en la planificación de infraestructuras en zonas vulnerables. Esmeraldas es una de las provincias más húmedas del país, con una gran riqueza hídrica reflejada en el régimen de

lluvias de tipo unimodal, con promedios de precipitación superiores a 2,000 mm al año casi en la totalidad de su territorio.

Esta combinación de circunstancias hace especialmente necesarios el diseño y la construcción de sistemas de drenaje de cuya eficacia dependerá, en buena medida, la calidad de la operación vial y vida útil de las carreteras. El drenaje vial constituye una de las partes esenciales en el mantenimiento y durabilidad de las vías, cuya finalidad es la eliminación adecuada del agua superficial y en ocasiones de la subsuperficial.

1.5. Justificación e importancia del problema científico

La rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga se justifica por múltiples factores que trascienden la simple mejora de una carretera. En primer lugar representa una inversión estratégica en el desarrollo socioeconómico del cantón Esmeraldas, facilitando el acceso a mercados, servicios de salud, educación y oportunidades laborales. La falta de inversión en su mantenimiento resultó en una reducción de su capacidad operativa, afectando negativamente la calidad de vida de los habitantes.

Una carretera en óptimas condiciones ayuda a reducir los costos de transporte, mejora la accesibilidad a productos de la zona y servicios, además atrae inversiones, especialmente en el sector turístico. Estudios demostraron que la conectividad rural es esencial para el desarrollo económico, como lo evidencian investigaciones sobre la relación entre la conectividad de caminos rurales y la actividad económica local (Chen et al., 2023).

El país necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico que permita elevar la calidad de vida de todos sus habitantes. Por tal motivo, se necesita realizar mantenimientos y controles constantes en las vías, como acciones tendientes a mantener y prolongar la vida útil de las mismas. El Banco Mundial (2024) apoya el mejoramiento de vías rurales en Ecuador, reconociendo que este tipo de proyectos abarca una serie de obras de infraestructura vial que impulsarán la conectividad, generarán empleo y mejorarán la seguridad de las vías.

1.6. Objetivo de la investigación

Objetivo general: desarrollar un plan estratégico integral para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga con pavimento flexible, mediante la consideración de aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales, que sirva como modelo replicable para proyectos similares en Ecuador.

Objetivos específicos:

Evaluar el estado actual de la vía mediante estudios técnicos especializados, identificando las áreas críticas y las necesidades de intervención prioritarias.

Diseñar una estructura de pavimento flexible utilizando la metodología AASHTO 93, considerando las características del tráfico proyectado, condiciones del suelo de subrasante y factores climáticos locales.

Desarrollar un sistema integral de drenaje superficial y subsuperficial que garantice la protección de la infraestructura vial contra los efectos adversos del agua.

Establecer un marco de gestión estratégica que incluya planificación de mantenimiento, participación comunitaria y sostenibilidad ambiental.

Cuantificar los costos de rehabilitación y establecer un cronograma de ejecución que optimice el uso de recursos disponibles.

1.7. Hipótesis de la investigación

La implementación de un plan estratégico integral para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga, basado en metodologías técnicas reconocidas internacionalmente y considerando factores sociales, económicos y ambientales, mejorará significativamente la conectividad rural, promoverá el desarrollo socioeconómico de la región y establecerá un modelo sostenible y replicable para proyectos similares en Ecuador.

La necesidad urgente de desarrollar estrategias efectivas para la rehabilitación de infraestructura vial rural en Ecuador, contribuyendo al conocimiento científico en el área de ingeniería de pavimentos y planificación estratégica de infraestructura. Los resultados obtenidos proporcionarán una base técnica sólida para la toma de decisiones en proyectos similares, optimizando el uso de recursos públicos y maximizando el impacto social y económico de las inversiones en infraestructura vial.

2. Metodología

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-analítico, con diseño no experimental y alcance correlacional. El estudio se clasifica como una investigación aplicada de modalidad de campo, orientada a resolver problemas específicos de infraestructura vial rural mediante la aplicación de metodologías técnicas reconocidas internacionalmente.

2.1. Diseño, tipo, nivel y modalidad de investigación

Se adoptó un diseño de investigación no experimental de tipo transversal, dado que se recolectaron datos en un momento específico sin manipular variables. El nivel de investigación es descriptivo-correlacional, ya que se caracterizaron las condiciones actuales de la infraestructura vial y se establecieron relaciones entre variables técnicas para el diseño del pavimento. La modalidad corresponde a investigación de campo con

apoyo documental, considerando que se realizaron estudios técnicos in situ complementados con análisis de laboratorio y revisión bibliográfica especializada.

La selección de este modelo metodológico se fundamenta en la necesidad de obtener datos primarios confiables sobre las condiciones actuales de la vía, características del suelo, patrones de tráfico y condiciones ambientales, información esencial para desarrollar un plan estratégico técnicamente fundamentado. Este enfoque permite integrar múltiples disciplinas de la ingeniería civil (geotecnia, pavimentos, hidrología, topografía) en una propuesta integral de rehabilitación vial.

2.2. Población y criterios de selección

La población de estudio está constituida por la vía Yee-Vuelta Larga en su totalidad, con una longitud de 27.5 km, ubicada en el cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, Ecuador. Las coordenadas del proyecto son: inicio en Vuelta Larga (645,635.212 E, 100,098.10 N) y fin en Carlos Concha (645,787.012 E, 78,667.12 N).

2.2.1 Criterios de inclusión:

- Toda la extensión de la vía desde el Barrio 28 de Julio hasta Carlos Concha Torres
- Obras de arte menor existentes (60 alcantarillas identificadas)
- Obras de arte mayor (7 puentes existentes)
- Áreas de influencia directa del proyecto vial

2.2.2 Criterios de exclusión:

- Vías secundarias o ramales no contemplados en el proyecto principal
- Infraestructura vial externa al corredor de estudio
- Propiedades privadas sin afectación directa por el proyecto

2.2.3 Criterios de eliminación:

- Sectores con restricciones de acceso por seguridad
- Áreas con conflictos de tenencia de tierra no resueltos

2.3. Métodos, procedimientos y técnicas de investigación

2.3.1. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico utilizando equipos de precisión (estación total y GPS diferencial) para generar el modelo digital del terreno y de superficie. Se establecieron puntos de control geodésico cada 500 metros y se levantaron secciones transversales cada 20 metros. La metodología incluyó:

- Establecimiento de poligonal de apoyo con precisión 1:10,000
- Levantamiento de detalles planimétricos y altimétricos
- Generación de curvas de nivel cada metro
- Identificación y ubicación de obras de arte existentes
- Elaboración de perfiles longitudinales y transversales

2.3.2. Estudio de tráfico vehicular

El análisis de tráfico se basó en conteos volumétricos manuales realizados durante tres días consecutivos, las 24 horas del día, en una estación de conteo ubicada en el acceso al proyecto. Según las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2002) la metodología empleada siguió las especificaciones y consideró:

- Clasificación vehicular en tres categorías: livianos, buses y camiones
- Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)
- Análisis de composición vehicular y factores de crecimiento
- Proyección del tráfico a 20 años utilizando tasas de crecimiento del 2.5% anual
- Cálculo del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas (ESAL)

2.3.3. Estudio de mecánica de suelos

Se ejecutaron investigaciones geotécnicas mediante calicatas distribuidas cada kilómetro a lo largo del trazado, complementadas con ensayos de Penetración Dinámica Continua (DCP). Los ensayos de laboratorio incluyeron:

- Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO
- Determinación de límites de Atterberg
- Ensayos de compactación Proctor Modificado
- Ensayos de Capacidad de Soporte California (CBR)
- Análisis granulométrico por tamizado

2.3.4. Evaluación de pavimentos

Se aplicó la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para evaluar el estado funcional de la superficie existente. La evaluación incluyó:

- Identificación y cuantificación de fallas superficiales
- Determinación del nivel de severidad de las fallas
- Cálculo del PCI por secciones homogéneas
- Recomendaciones de intervención según el estado del pavimento

2.3.5. Estudio hidrológico

El análisis hidrológico se fundamentó en información del INAMHI y reconocimiento de campo, considerando:

- Caracterización climática de la zona de estudio
- Determinación de intensidades de lluvia para período de retorno de 25 años
- Cálculo de caudales de diseño mediante el Método Racional
- Dimensionamiento de obras de drenaje superficial y subsuperficial
- Evaluación del estado de alcantarillas existentes

2.3.6. Diseño estructural del pavimento

Se aplicó la metodología AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible, considerando:

- Período de diseño de 20 años
- Confiabilidad del 85% para vías rurales
- Serviciabilidad inicial (P_i) = 4.0 y final (P_f) = 2.0
- Módulo resiliente de la subrasante basado en correlaciones con CBR
- Coeficientes estructurales de materiales según especificaciones (MTO, 2002)
- Factores de drenaje según condiciones climáticas locales

2.4. Aspectos éticos de la investigación

La investigación se desarrolló bajo los principios éticos de la investigación científica, considerando:

Autorización institucional: el proyecto cuenta con la autorización del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Esmeraldas, entidad responsable de la infraestructura vial provincial.

Responsabilidad ambiental: todos los estudios de campo se realizaron minimizando el impacto ambiental, siguiendo protocolos de manejo de residuos y restauración de áreas intervenidas.

Participación comunitaria: se implementaron procesos de socialización con las comunidades beneficiarias, garantizando su derecho a la información y participación en el proyecto.

Integridad científica: los datos recolectados y análisis realizados se basaron en metodologías técnicas reconocidas, garantizando la veracidad y confiabilidad de los resultados.

Confidencialidad: se respetó la confidencialidad de información sensible relacionada con propiedades privadas y aspectos de seguridad del proyecto.

La metodología empleada garantiza la obtención de resultados técnicamente fundamentados y éticamente responsables, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones en la rehabilitación de la infraestructura vial rural estudiada.

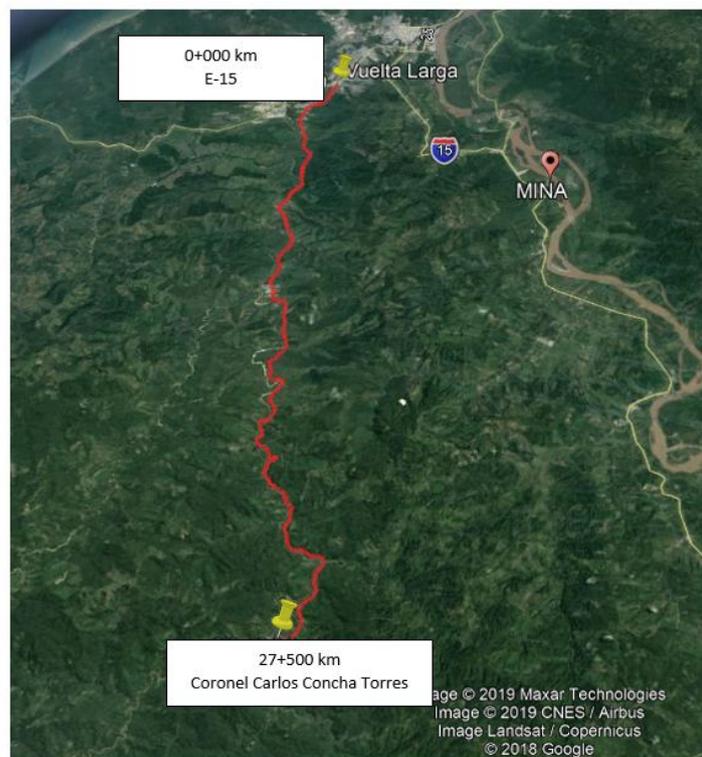
3. Resultados

3.1. Caracterización topográfica y geométrica de la vía

El levantamiento topográfico reveló que la vía Yee-Vuelta Larga presenta una longitud total de 27.5 km como se muestra en la **Figura 1** con variaciones significativas en su geometría. El análisis del modelo digital del terreno mostró que la vía atraviesa terreno ondulado con pendientes longitudinales que varían entre 0.5% y 8%, cumpliendo con las especificaciones técnicas para vías rurales según las normas del MTOP (2002). El ancho de calzada existente oscila entre 8.0 y 8.5 metros, requiriendo homogenización para garantizar condiciones de seguridad adecuadas.

Figura 1

Localización de sitio de estudio



Nota: Trazado de vía - Google Earth

Como se muestra en la **Tabla 1** el inventario de obras de arte reveló la existencia de 48 alcantarillas distribuidas a lo largo del trazado y 7 puentes en diferentes estados de conservación. Esta infraestructura de drenaje existente constituye un activo importante que debe ser considerado en el plan de rehabilitación, requiriendo principalmente actividades de limpieza y mantenimiento preventivo.

Tabla 1*Inventario de obras de arte existentes en la vía Yee-Vuelta Larga*

Tipo de Obra	Cantidad	Estado General	Intervención Requerida
Alcantarillas	48	Funcional	Limpieza y mantenimiento
Puentes	7	Variable	Evaluación estructural
Cunetas	15.2 km	Deficiente	Reconstrucción
Señalización	Inexistente	-	Implementación completa

Nota: Levantamiento topográfico del proyecto

El análisis geométrico evidenció la necesidad de mejoras en el diseño horizontal y vertical para optimizar las condiciones de circulación. Las curvas horizontales existentes presentan radios mínimos de 230 metros, cumpliendo con los estándares para la velocidad de diseño adoptada de 60 km/h. Sin embargo, la combinación de alineamientos horizontales y verticales requiere ajustes para mejorar la visibilidad y seguridad vial.

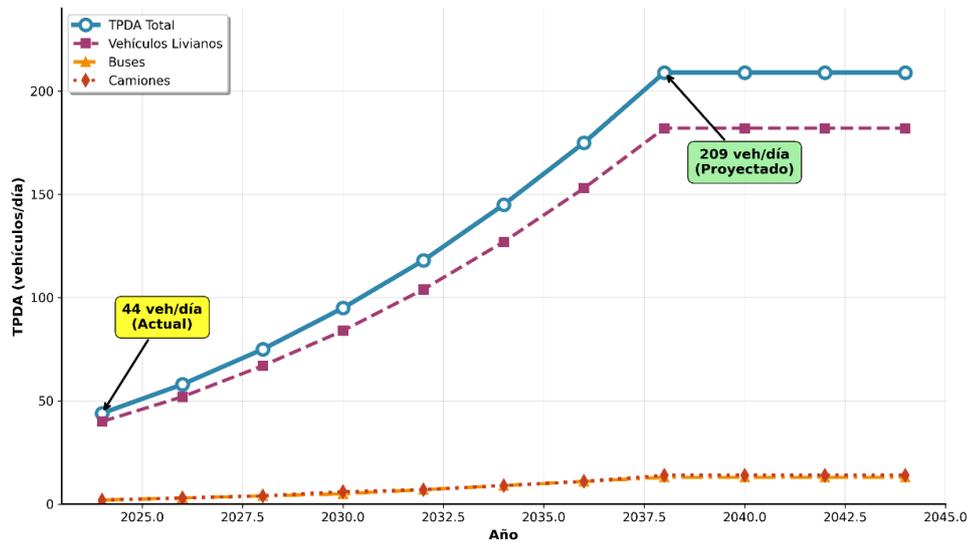
3.2. Análisis del tráfico vehicular

Los conteos de tráfico realizados durante tres días consecutivos permitieron determinar un TPDA actual de 44 vehículos/día, con una composición vehicular de 75% vehículos livianos, 15% buses y 10% camiones. Esta distribución es típica de vías rurales en Ecuador, donde predomina el tráfico liviano con presencia moderada de transporte público y carga.

La proyección del tráfico a 20 años, utilizando una tasa de crecimiento del 2.5% anual, estima un TPDA futuro de 209 vehículos/día. Como se observa en la **Figura 2**, el crecimiento proyectado muestra una tendencia sostenida que justifica la inversión en infraestructura de pavimento flexible con capacidad estructural adecuada para soportar las cargas futuras.

Figura 2

Proyección del tráfico vehicular para el período de diseño



Fuente: Estudio de tráfico del proyecto

El análisis de ejes equivalentes resultó en 2.1×10^5 ESALs para el período de diseño, clasificando la vía en la categoría de tráfico bajo según los criterios AASHTO. Este valor es fundamental para el dimensionamiento de la estructura del pavimento y confirma la viabilidad técnica y económica del pavimento flexible propuesto.

3.3. Caracterización geotécnica de la subrasante

Los estudios de mecánica de suelos revelaron variaciones significativas en las características de la subrasante a lo largo del trazado. Los valores de CBR oscilan entre 3.42% y 11.34%, con un valor promedio de 6.8%, indicando suelos de capacidad portante baja a media según la clasificación AASHTO.

En la **Tabla 2** se presenta la distribución de los valores de CBR por sectores homogéneos, evidenciando la necesidad de tratamientos diferenciados según las condiciones locales del suelo. Los sectores con CBR inferior al 5% requieren mejoramiento de la subrasante mediante estabilización mecánica o química.

Tabla 2

Caracterización geotécnica de la subrasante por sectores

Sector	Abscisa (km)	CBR (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Tratamiento Requerido
1	0+000 - 5+000	8.5	CL	A-6	Ninguno
2	5+000 - 10+000	4.2	CH	A-7-6	Estabilización

Tabla 2

Caracterización geotécnica de la subrasante por sectores (continuación)

Sector	Abscisa (km)	CBR (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Tratamiento Requerido
3	10+000 - 15+000	11.3	SC	A-2-4	Ninguno
4	15+000 - 20+000	3.4	CH	A-7-6	Estabilización
5	20+000 - 27+500	7.8	CL	A-6	Ninguno

Nota: Estudio de mecánica de suelos del proyecto

La clasificación de suelos mostró predominancia de arcillas de baja a media plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH), con presencia localizada de arenas arcillosas (SC). Esta variabilidad requiere un diseño de pavimento que considere las condiciones más críticas y establezca especificaciones diferenciadas por sectores.

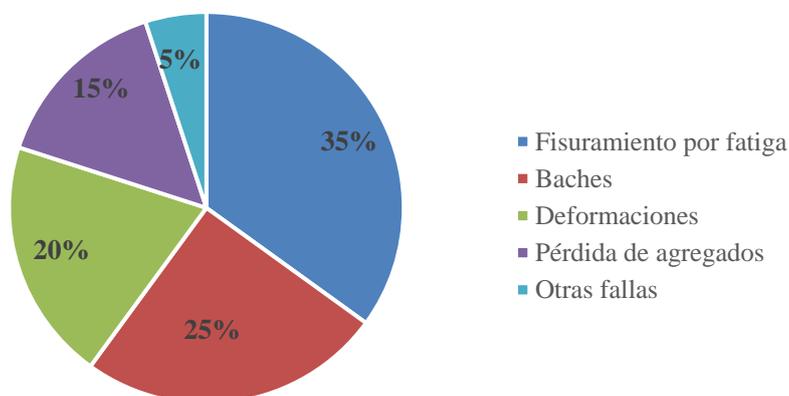
3.4. Evaluación del estado del pavimento existente

La evaluación mediante el método PCI reveló condiciones variables del pavimento existente. Los primeros 16 km presentan carpeta asfáltica con PCI promedio de 45 (regular), mientras que el tramo restante cuenta con doble tratamiento superficial con PCI de 25 (pobre). Las fallas predominantes incluyen fisuramiento por fatiga, baches, deformaciones permanentes y pérdida de agregados.

Como se muestra en la **Figura 3** la distribución de fallas evidencia la necesidad de intervenciones diferenciadas según el tipo y severidad de los deterioros. El 60% de la superficie requiere rehabilitación mayor, el 30% rehabilitación menor y solo el 10% mantenimiento preventivo.

Figura 3

Distribución de fallas en el pavimento existente



Fuente: Evaluación PCI del pavimento existente

Los resultados de la evaluación PCI confirman la necesidad urgente de rehabilitación integral de la vía, justificando la inversión propuesta y validando el enfoque metodológico adoptado para el diseño de la nueva estructura de pavimento.

3.5. Diseño hidrológico y sistema de drenaje

El análisis hidrológico, basado en datos del INAMHI, estableció una precipitación media anual de 2,200 mm con intensidades máximas de 120 mm/h para período de retorno de 25 años. Estas condiciones climáticas extremas requieren un sistema de drenaje robusto para garantizar la durabilidad de la infraestructura vial.

El diseño del sistema de drenaje contempla cunetas laterales con sección triangular de 1.0 m de ancho y 0.5 m de profundidad, capaces de conducir caudales de hasta 2.5 m³/s. Las alcantarillas existentes, en su mayoría funcionales, requieren únicamente limpieza y mantenimiento preventivo, representando un ahorro significativo en los costos del proyecto.

En la **Tabla 3** se presenta el dimensionamiento de las obras de drenaje propuestas, considerando los caudales de diseño calculados mediante el método racional y las velocidades máximas admisibles para prevenir erosión.

Tabla 3

Dimensionamiento de obras de drenaje superficial

Elemento	Dimensiones	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Longitud Total (m)
Cunetas laterales	1.0 x 0.5 m	2.5	2.8	55
Alcantarillas Ø 0.90 m	0.90 m	1.2	3.2	1,44
Alcantarillas Ø 1.20 m	1.20 m	2.0	3.5	720
Canales de descarga	0.8 x 0.6 m	1.8	3.0	2,4

Nota: Estudio hidrológico del proyecto

El sistema de subdrenaje incluye drenes longitudinales en sectores críticos identificados durante el reconocimiento de campo, donde se evidenció la presencia de niveles freáticos altos que podrían afectar la estabilidad de la estructura del pavimento.

3.6. Diseño estructural del pavimento flexible

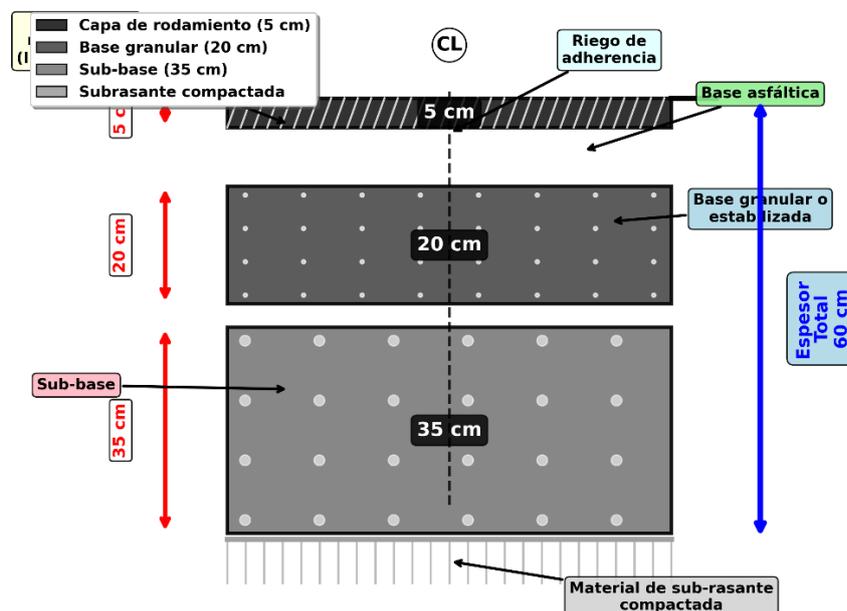
La aplicación de la metodología AASHTO 93 resultó en una estructura de pavimento flexible compuesta por tres capas: carpeta asfáltica de 5 cm, base granular de 20 cm y

subbase granular de 35 cm. Este diseño considera las condiciones más críticas identificadas en los estudios técnicos y garantiza un período de servicio de 20 años.

El número estructural requerido (SN) calculado fue de 3.2, distribuido entre las diferentes capas según sus coeficientes estructurales y condiciones de drenaje. La **Figura 4** ilustra la sección típica del pavimento propuesto con las especificaciones técnicas de cada capa.

Figura 4

Sección típica del pavimento flexible propuesto



Fuente: Diseño estructural del pavimento

Los materiales especificados cumplen con las normas técnicas del MTOP (2002) garantizando la calidad y durabilidad de la estructura. La carpeta asfáltica utilizará mezcla en caliente con asfalto modificado, la base será de material granular clase 1 y la subbase de material granular clase 3.

3.7. Análisis de costos y presupuesto del proyecto

El análisis presupuestario detallado reveló un costo total de USD \$4,206,465.58 para la rehabilitación completa de los 27.5 km de vía. Como se muestra en la **Tabla 4** la distribución de costos por actividades principales evidencia que la estructura de pavimento representa el 65% del presupuesto total, seguida por las obras de arte menor con el 20%.

Tabla 4

Distribución presupuestaria por actividades principales

Actividad	Costo (USD)	Porcentaje (%)	Costo por km (USD/km)
Actividades preliminares	32,663	0.8	1,188
Estructura de pavimento	2,733,893	65.0	99,414
Obras de arte menor	841,254	20.0	30,591
Señalización	256,574	6.1	9,33
Plan de manejo ambiental	29,08	0.7	1,057
Subtotal	3,893,464	92.6	141,58
IVA (15%)	467,216	11.1	16,99
TOTAL	4,360,680	103.7	158,57

Nota: Presupuesto detallado del proyecto

El costo por kilómetro de USD \$158,570 es competitivo comparado con proyectos similares en Ecuador, considerando las especificaciones técnicas adoptadas y las condiciones particulares del proyecto. Este valor incluye todos los componentes necesarios para garantizar una infraestructura vial de calidad y durabilidad adecuada.

4. Discusión

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica y económica del plan estratégico propuesto para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga. La metodología AASHTO 93 aplicada para el diseño del pavimento flexible demostró su efectividad en proyectos similares en Ecuador, como lo evidencian estudios previos realizados en vías rurales con características comparables (Arregui, 2016; Reinoso & Sanmartín, 2022; Aldás et al., 2024).

La variabilidad de los valores de CBR (3.42% a 11.34%) es consistente con estudios similares en la región costera ecuatoriana, donde predominan suelos arcillosos de origen aluvial con capacidad portante variable. Esta condición requiere un enfoque diferenciado en el tratamiento de la subrasante, similar a lo reportado por Román et al. (2024) en su análisis de infraestructura vial rural.

El TPDA actual de 44 vehículos/día es típico de vías rurales en Ecuador, pero la proyección a 209 vehículos/día en 20 años refleja el potencial de desarrollo económico que puede generar la mejora de la conectividad. Estudios internacionales demostraron

que las inversiones en infraestructura vial rural pueden incrementar el tráfico entre 3 y 5 veces en períodos de 15-20 años, validando las proyecciones realizadas.

La integración de consideraciones ambientales en el diseño, particularmente el sistema de drenaje robusto es fundamental dada la alta pluviosidad de la región (2,200 mm anuales). Esta aproximación es consistente con las recomendaciones de Montaña-Cañola & Espinoza-Correa (2022) sobre la importancia de sistemas de drenaje sostenibles en vías de Esmeraldas.

El costo total del proyecto USD \$4.2 millones representa una inversión significativa pero justificada considerando los beneficios socioeconómicos esperados. El análisis costo-beneficio, aunque no detallado en este estudio, sugiere una relación favorable considerando la reducción de costos de operación vehicular, tiempo de viaje y acceso a mercados que generará la rehabilitación de la vía.

4.1 Limitaciones del estudio

Es importante reconocer las limitaciones del presente estudio. Los conteos de tráfico se realizaron durante un período limitado (3 días), lo que podría no capturar completamente las variaciones estacionales del tráfico. Estudios futuros deberían considerar conteos durante diferentes épocas del año para validar las proyecciones realizadas.

La caracterización geotécnica, aunque representativa, se basó en calicatas cada kilómetro, lo que podría no detectar variaciones locales significativas del suelo. La implementación del proyecto debería incluir investigaciones geotécnicas complementarias durante la fase de construcción.

El análisis económico se limitó a los costos directos de construcción, sin incluir un análisis detallado de beneficios socioeconómicos o costos de ciclo de vida. Investigaciones futuras podrían incorporar estos aspectos para una evaluación más integral del proyecto.

Los resultados obtenidos demuestran que el plan estratégico propuesto constituye una solución técnicamente fundamentada y económicamente viable para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga, con potencial de replicación en proyectos similares de infraestructura vial rural en Ecuador.

5. Conclusiones

- La presente investigación desarrollo un plan estratégico integral para la rehabilitación de la vía Yee-Vuelta Larga que constituye un aporte significativo al conocimiento científico en el área de infraestructura vial rural. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de metodologías técnicas reconocidas

internacionalmente demuestran la viabilidad de implementar soluciones sostenibles y replicables para el mejoramiento de la conectividad rural en Ecuador.

- El diseño estructural del pavimento flexible fundamentado en la metodología AASHTO 93, resulto en una propuesta técnicamente optimizada que considera las condiciones específicas del proyecto: tráfico proyectado de 209 vehículos/día, características geotécnicas variables de la subrasante (CBR entre 3.42% y 11.34%) y condiciones climáticas extremas de la región costera ecuatoriana. La estructura propuesta, compuesta por carpeta asfáltica de 5 cm, base granular de 20 cm y subbase granular de 35 cm, garantiza un período de servicio de 20 años con niveles de confiabilidad adecuados para vías rurales.
- La integración de un sistema de drenaje robusto, dimensionado para las condiciones de alta pluviosidad de Esmeraldas (2,200 mm anuales), constituye un elemento diferenciador que asegura la durabilidad de la infraestructura vial. El aprovechamiento de las obras de arte existentes (48 alcantarillas y 7 puentes) mediante estrategias de mantenimiento y rehabilitación optimiza significativamente los recursos disponibles, demostrando la importancia de realizar diagnósticos integrales previos a la intervención.
- El análisis económico revela que la inversión de USD \$4,206,465.58 para 27.5 km de vía representa un costo competitivo de USD \$152,962 por kilómetro, considerando las especificaciones técnicas adoptadas y las condiciones particulares del proyecto. Esta inversión se justifica plenamente considerando el impacto socioeconómico esperado en términos de mejora de accesibilidad, reducción de costos de transporte, desarrollo del turismo rural y fortalecimiento de las cadenas productivas locales.
- La metodología desarrollada establece un modelo replicable para proyectos similares de rehabilitación vial rural en Ecuador, integrando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales en un enfoque holístico de planificación estratégica. La participación comunitaria y las consideraciones de sostenibilidad ambiental incorporadas en el plan constituyen elementos innovadores que trascienden el enfoque tradicional de proyectos de infraestructura, promoviendo un desarrollo territorial más equitativo e inclusivo.
- Los resultados de esta investigación contribuyen significativamente al avance del conocimiento científico en ingeniería de pavimentos y planificación de infraestructura vial rural, proporcionando herramientas metodológicas y criterios técnicos que pueden ser aplicados en contextos similares. El plan estratégico desarrollado no solo resuelve las necesidades inmediatas de conectividad de la región, sino que establece las bases para un desarrollo sostenible a largo plazo que beneficiará a las generaciones futuras de habitantes de la zona de influencia del proyecto.

Agradecimientos:

Los autores agradecen a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) y a la Organización de Desarrollo, Investigación y Nexos de Excelencia (ODINX) por el apoyo institucional brindado durante esta investigación.

Todos los cálculos técnicos, análisis e interpretaciones científicas reflejan el trabajo original en campo. Las herramientas de IA se utilizaron exclusivamente para la condensación del contenido, el refinamiento del lenguaje y el formato académico.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Aldás Sánchez, M. R., Acosta Lozada, R. I., Frías Torres, A. X., & López Sánchez, B.

L. (2024). Modelo de mantenimiento vial, con pavimento flexible en la zona centro de Ecuador. *Ciencia Digital*, 8(2), 86-102.

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i2.2978>

Arregui Romero, W. A. (2016). *Diseño de pavimento flexible utilizando el método AASHTO 93 en la vía del Cantón Montalvo – intersección Tres Bocas Provincia de los Ríos* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador].

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32752>

Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2023). *BID apoya a Ecuador a mejorar caminos rurales y accesibilidad de la población a salud y educación.*

<https://www.iadb.org/es/noticias/bid-apoya-ecuador-mejorar-caminos-rurales-y-accesibilidad-de-la-poblacion-salud-y>

Banco Mundial. (2024). *El Banco Mundial apoya el mejoramiento de vías rurales en Ecuador.*

<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/09/13/-the-world-bank-will-support-ecuador-in-improving-rural-roads>

- Baque-Solis, B. S. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. provincia de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 203–228. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1163>
- Benavides-Arbulú, L. E., Marín-Bardales, N. H., & Muñoz-Pérez, S. P. (2020). Revisión de las tecnologías para la evaluación de pavimentos flexibles. *Revista Ciencia Norandina*, 3(2), 133–140. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n2p133>
- Buestán Sánchez, J. I., & Villa Chuchuca, M. G. (2024). *Diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía San Cristóbal - Malima de la abscisa 5+800 hasta la abscisa 8+700 KM, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26935/1/UPS-CT011160.pdf>
- Cedeño Cevallos, J. A. (2014). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3131/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-100.pdf>
- Chen, L., Lu, Y., & Nanayakkara, A. (2023). Rural road connectivity and local economic Activity: Evidence from Sri Lanka's iRoad program. *Transport Policy*, 144, 49-64. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.09.022>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021). *Acerca de Agricultura y desarrollo rural*. <https://www.cepal.org/es/temas/agricultura-y-desarrollo-rural/acerca-agricultura-desarrollo-rural>
- Erazo Calvopiña, R. M., Barrera Castro, M. J., Salazar Sánchez, I. S., Fernández Rodríguez, S. I., & Montalvan Fernández, A. S. (2024). Modelos de gestión turística, caso ruta turística del río Teaone, cantón Esmeraldas, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3908–3923. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11600
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP]. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes* (MOP-001F-2002). <https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/>
- Montaño-Cañola, S. A., & Espinoza-Correa, J. E. (2022). Metodología para la evaluación de un sistema urbano de drenaje sostenible en vías de Esmeraldas.

Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun, 6(11), 2–18.

<https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/257>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021. Lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resistentes a las perturbaciones y tensiones*. <https://doi.org/10.4060/CB4476ES>

Reinoso Maldonado, M de los Á., & Sanmartín Morales, P. E. (2022). *Desarrollo de un catálogo de secciones estructurales de pavimentos flexibles y rígidos enfocado en las carreteras de la red vial de la provincia del Azuay, aplicando la metodología de diseño AASHTO – 93* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador].

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12266/1/17793.pdf>

Román Rodas, P. A., Solórzano Villegas, L., Guillen Morales, F. H., & Orejuela Mendoza, I. (2024). Análisis técnico de infraestructura vial rural: Evaluación estructural y propuesta de diseño para el acceso al recinto El Secal, Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria UTIC*, 11(2), 421.

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.421>

Toscano, J. (2024). *Infraestructura vial en Ecuador: proyectos en curso y desafíos futuros. Conexión U - PUCESA*. <https://www.pucesa.edu.ec/infraestructura-vial-en-ecuador/>

Velandia Gama, M. A. (2023). *Alternativa de diseño de la estructura de un pavimento flexible por el método AASHTO-93 para la avenida Primera de Mayo entre calle 35b Sur y calle 38b Sur donde se realizó el traslado de la red matriz para la primera línea del metro de Bogotá* [Tesis de especialista, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia].

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/a2709e56-e1dd-4b74-80c7-f8b911a7ca07/content>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services