

RESEARCH ARTICLE

Análisis comparativo de costos y rendimientos entre la estabilización suelo cemento y el método convencional para el asfaltado vial, Provincia del Cañar

Pedro Andrés Iñiguez Delgado ¹   Fausto David Quevedo Pesantez ^{1,2} 
Pablo Tiberio Vasquez Quiroz^{1,3} 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad de Postgrados. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Cuenca, Ecuador.

 Correspondencia: painiguez43@est.ucacue.edu.ec  + 593 96652286

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71109>

Resumen:

Hoy en día, las carreteras de segundo y tercer orden en Ecuador requieren un mantenimiento regular y, en algunos casos su pavimentación para asegurar la movilidad adecuada y mejorar la calidad de vida de sus usuarios. Para abordar esta necesidad, el Gobierno Provincial de Cañar ha desarrollado un plan integral de construcción y mejora de carreteras a nivel de carpeta asfáltica en toda la provincia. En este contexto, se ha propuesto la implementación del método constructivo de estabilización suelo cemento como parte de los trabajos previos al asfaltado de las carreteras y las obras complementarias.

El presente trabajo compara los costos y rendimientos en la construcción de vías de segundo y tercer orden a nivel de carpeta asfáltica, entre el método constructivo de estabilización suelo cemento y el método constructivo convencional de tendido por capas; a través de la revisión de contratos de obra pública ejecutados en la provincia de Cañar por ASFALTAR EP con el método de estabilización suelo cemento y la elaboración de la proyección de los mismos contratos presupuestados con el método convencional; determinando así la eficiencia en cuanto a costos y rendimientos del método constructivo de estabilización suelo cemento.

Con base en esta información, se llevó a cabo una investigación explicativa – cuantitativa analizando los contratos ejecutados, los cuales contemplan la construcción de 19.35 km de carreteras en toda la Provincia del Cañar, utilizando el método de estabilización suelo cemento. Se realizó un análisis comparativo de costos y rendimientos entre los proyectos que utilizaron la estabilización suelo cemento y los proyectados con el método convencional de tendido por capas para la conformación de la estructura del pavimento. Evaluando la eficiencia del método de estabilización suelo cemento, optimizando los recursos disponibles y ofreciendo recomendaciones respaldadas para futuros proyectos de construcción vial. Los resultados obtenidos resaltan el ahorro de tiempo en un 141.90 %, tomando como base el tiempo de ejecución de los trabajos de estabilización, y un ahorro económico de 24.08 % en comparación al método convencional; tomando en consideración la disminución notable de la huella de carbono emitida por cada uno de los proyectos al disminuir el tiempo de trabajo de la maquinaria, así como evitar la explotación y transporte



Check for updates

Cita: Iñiguez Delgado, P. A., Quevedo Pesantez, F. D., & Vasquez Quiroz, P. T. (2024). Análisis comparativo de costos y rendimientos entre la estabilización suelo cemento y el método convencional para el asfaltado vial, Provincia del Cañar. Green World Journal, 7(1), 109. <https://doi.org/10.53313/gwj71109>

Received: 10/January /2024

Accepted: 20/March /2024

Published: 25/March /2024

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

de materiales de manera excesiva, obteniendo de igual manera una estructura de pavimento en óptimas condiciones una vez finalizada su construcción.

Palabras claves: Estabilización, suelo, costos, rendimientos, cemento, asfalto, vías.

Comparative analysis of costs and performance between soil cement stabilization and the conventional method for road asphalt, Province of Cañar

Abstract:

Today, second and third order roads in Ecuador require regular maintenance and, in some cases, paving to ensure adequate mobility and improve the quality of life of their users. To address this need, the Provincial Government of Cañar has developed a comprehensive road construction and improvement plan at the asphalt level throughout the province. In this context, the implementation of the soil–cement stabilization construction method has been proposed as part of the work prior to the paving of the roads and complementary works.

The present work compares the costs and performances in the construction of second and third order roads at the asphalt level, between the soil–cement stabilization construction method and the conventional construction method of laying in layers; through the review of public works contracts executed in the province of Cañar by ASFALTAR EP with the soil–cement stabilization method and the preparation of the projection of the same contracts budgeted with the conventional method; thus determining the efficiency in terms of costs and performance of the construction method of soil cement stabilization.

Based on this information, an explanatory–quantitative investigation was carried out analyzing the executed contracts, which contemplate the construction of 19.35 km of roads throughout the Cañar Province, using the soil–cement stabilization method. A comparative analysis of costs and performance was carried out between the projects that used soil–cement stabilization and those designed with the conventional method of laying in layers for the formation of the pavement structure. Evaluating the efficiency of the soil cement stabilization method, optimizing available resources and offering supported recommendations for future road construction projects. The results obtained highlight the time savings of 141.90%, based on the execution time of the stabilization work, and an economic saving of 24.08% compared to the conventional method; taking into consideration the notable reduction in the carbon footprint emitted by each of the projects by reducing the working time of the machinery, as well as avoiding the excessive exploitation and transportation of materials, also obtaining a pavement structure in optimal conditions once its construction is completed.

Keywords: Stabilization, soil, costs, yields, cement, asphalt, roads.

1. Introducción:

Las redes viales constituyen un instrumento estratégico para el desarrollo económico y social de una provincia, ya que a través de ellas se movilizan los productos en general desde los centros de producción hacia los mercados y centros poblados. Las vías y carreteras en buenas condiciones son el camino para el desarrollo de cualquier país; el crecimiento económico depende en gran medida del desarrollo de la red de carreteras (Turkane & Chouksey, 2022). Además, facilitan la prestación de servicios y permiten que la población acceda a centros educativos y de atención médica, contribuyendo así al desarrollo integral de la región. En la Provincia de Cañar existe una población rural del 64.80%, por lo que es necesario contar con una red vial de calidad para promover el comercio y la intercomunicación entre las zonas rurales y urbanas; tomando en consideración que el 87.91% de las vías son responsabilidad del Gobierno Provincial, y el 81% de ellas tienen rodadura de lastre, es necesario realizar constantes mantenimientos; sin embargo la falta de recursos y la extensa red vial en mal estado dificultan su intervención global y llevan al análisis e implementación de propuestas definitivas para mejorar su calidad (CONGOPE, 2019). Es por ello que, el Gobierno Provincial del Cañar una vez realizado el inventario de la red vial provincial del Ecuador, en donde se levantaron datos físicos, económicos – productivos, sociales y ambientales, y además una vez realizado el diagnóstico integral del estado actual de la misma; planteó dentro de sus metas para el año 2022 y 2023, elaborar y ejecutar un plan vial de mantenimiento y construcción a nivel de carpeta asfáltica de varias vías de su competencia, teniendo como base el plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Cañar 2019 (CONGOPE, 2019). Para ello, contrató a la Empresa de Áridos y Asfaltos del Azuay, ASFALTAR EP, para que ejecute los contratos de mantenimiento y mejoramiento de vías en la Provincia del Cañar, con una longitud vial de intervención de 19.35 km; cuya particularidad y motivo de esta investigación fue el uso del método constructivo denominado estabilización suelo cemento para la

conformación de la estructura vial dentro de los trabajos ejecutados previos al asfaltado de las mismas; con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución y abaratar los costos en la construcción; utilizando muchas veces el mismo material que ya se había colocado en la mesa vial en mantenimientos anteriores o de ser el caso material de minas cercanas, mismo que debe cumplir con parámetros básicos de calidad para su uso (Cheng, 2014).

La definición de "suelo" puede variar según los intereses o usos particulares. En el ámbito de la ingeniería, se describe al suelo como un substrato terroso o depósito de partículas minerales no consolidadas, formando un sistema con diversas fases: sólida, líquida y gaseosa. Este elemento desempeña un papel fundamental en proyectos de ingeniería al servir como la base sobre la cual se construyen diversas edificaciones. El suelo presenta propiedades físico-químicas y mecánicas, como compresibilidad, resistencia, permeabilidad, estabilidad y durabilidad, que son esenciales al ejecutar obras civiles, dado que la mayoría de las estructuras se apoyan sobre él o se integran en su subsuelo. En muchos proyectos de pavimentación vial con carpeta asfáltica, es frecuente que el suelo natural no cumpla con los estándares de diseño exigidos. Esto conlleva la necesidad de efectuar ajustes, estabilización o sustitución del suelo original con el propósito de ofrecer un material de construcción mejorado en el sitio de la obra. Este proceso asegura que la base sobre la cual se establecerá la estructura vial satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para soportar las cargas y las condiciones específicas del entorno (Rivera et al., 2020).

La estabilización suelo cemento es un método constructivo, el cual se basa en mezclar el suelo con cemento para aportar una mejora en las características físicas y mecánicas de la estructura de la vía, pudiendo ser aplicado sobre cualquier tipo de suelo (Bucheli-Pérez et al., 2022), incrementando la capacidad de resistencia a la compresión y la capacidad de cohesión de los mismos (Bahar et al., 2004). Las investigaciones sobre este método demuestran que, a través de un proceso controlado, se logra reducir la plasticidad de los suelos, disminuyendo la densidad seca e incrementando el contenido de humedad óptima, es así que métodos simples como la compactación y el drenaje pueden no ser suficientes, por lo que se recurre a mejorar la gradación de partículas y añadir aglutinantes como el cemento Portland para lograr la estabilización química de los suelos a intervenir (Rivera et al., 2020). Las recomendaciones con respecto a las características de la mezcla y sin dejar de lado el aspecto económico, hablan de una adición en un rango del 5% al 8% de cemento (Basha et al., 2019); tomado en cuenta que la dosificación de cemento requerida para la estabilización depende del material in situ (David Quevedo-Pesántez et al., 2021). La capa base, es una capa estructural considerada una de las más importantes y cuya correcta construcción garantiza la vida útil del pavimento de una carretera, ya que juega un papel vital en la transferencia y distribución de las cargas de tráfico a la subrasante, generalmente comprende materiales no ligados, que se pueden estabilizar para mejorar las propiedades mecánicas cuando sea necesario (Diego María Barbieri, 2022). Debido a la experiencia en proyectos ejecutados con este método, se ha logrado trabajar de una manera eficiente durante toda su evolución, tanto en la implementación de equipos como en el desarrollo procedimientos constructivos. Es así que, en base a su aplicación, la estructura suelo cemento está diseñada para soportar una mayor carga, ya que la tensión se distribuye en una mayor área, evitando así una mayor deformación vertical en la subrasante, alargando su vida útil (Bucheli-Pérez et al., 2022). El espesor requerido de una capa de suelo estabilizada, se reduce al menos a la mitad en comparación con un curso tradicional sin consolidar y esto reduce notablemente la huella de carbono de las operaciones de construcción (Diego María Barbieri, 2022). Como características adicionales de este método se obtiene mayor durabilidad, reducción del riesgo de erosión de la base de la vía, menos costos de transporte, ahorro en inversión y reducción del consumo de recursos (Bucheli-Pérez et al., 2022).

El material utilizado para la estabilización es el Cemento Portland, de la marca HOLCIM, de tipo base vial, es un cemento hidráulico de moderado calor de hidratación que fue desarrollado con el objetivo de generar las resistencias adecuadas y poder así mejorar y estabilizar suelos mediante el uso del material disponible en sitio (HOLCIM ECUADOR S.A, 2021). Su planta de producción ubicada en la ciudad de Guayaquil cuenta con certificaciones para el abastecimiento responsable de cemento como la Concrete Sustainability Council nivel Gold y la certificación Punto

Verde emitida por la autoridad ambiental en Ecuador, validando las prácticas empresariales, de protección al ambiente y participación de la comunidad; además, Holcim base vial cuenta con la certificación de Carbono Neutro, gracias a la reducida emisión de carbono de sus productos en comparación con el Cemento Portland Tipo I; para compensar las emisiones restantes, se lleva a cabo el cuidado del Bosque Protector Cerro Blanco (Guayas), que abarca 6.078 hectáreas de bosque tropical seco (HOLCIM ECUADOR S.A, 2021) . Por lo que, el termino sustentable puede ser utilizado dentro de la producción de hormigón y la ejecución del método de estabilización suelo cemento, ya que garantiza una obra que perdure a través del tiempo, reduciendo el impacto hacia el medio ambiente y aportando en el desarrollo económico y social de la población (CINTERFOR, 2011).

Antes de iniciar la construcción, es necesario identificar los materiales de suelo que serán tratados con cemento, se deben tomar muestras representativas de cada tipo de suelo y enviarlas al laboratorio para someterlas a pruebas. Estas pruebas permitirán determinar el contenido mínimo de cemento, la cantidad óptima aproximada de humedad y los valores de peso volumétrico que deberán emplearse durante la construcción (IMCYC, 2009). En la producción de suelo-cemento, prácticamente todos los suelos son utilizables, excluyendo la capa vegetal. Sin embargo, cuando se busca lograr mezclas de calidad con un consumo mínimo de cemento, la selección se reduce. Se consideran aptos aquellos suelos cuyo consumo de cemento varía entre 5 y 12% en peso con respecto al suelo. Estos suelos deben demostrar estabilidad en la contracción, tener una absorción de agua adecuada y alcanzar resistencias necesarias en un tiempo mínimo. Generalmente, los suelos aptos muestran proporciones equilibradas de partículas gruesas y finas, generando una granulometría abierta sin predominio excesivo de un tamaño particular. Además, su plasticidad contribuye a la cohesión de la mezcla, mejorando la trabajabilidad y aumentando el aislamiento térmico sin inducir agrietamientos por contracción. En sentido general se definen los suelos en dos grupos: suelos eficientes conocidos por reaccionar perfectamente ante una porción relativamente pequeña de cemento, entre los cuales podemos citar los suelos arenosos y suelos con grava, suelos arenosos con deficiencia de partículas finas y suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad; y los suelos deficientes para la estabilización suelo cemento, mismos que no reaccionan de manera adecuada ante una porción relativamente pequeña de cemento, necesitando más cemento para endurecer, entre los cuales tenemos a los suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad y los suelos orgánicos. En base a estos criterios se procede a determinar la granulometría del material a estabilizar para luego ser comparadas con granulometrías específicas determinadas, ya que por lo general el contenido de cemento se selecciona mediante el tipo de suelo, controlando el contenido de materia orgánica, sulfatos y otras sustancias que pueden influir en la reacción del cemento con el material a ser estabilizado. Seguido de ello obtenemos el contenido óptimo de humedad en base a los resultados de los ensayos para determinar el límite líquido y el límite plástico, se determina la densidad máxima en base a ensayos de compresión, para luego de ello proceder a definir el rango de los porcentos de cemento a ser utilizado para fabricar tres probetas las mismas que luego de pasar por su proceso de curado deben ensayarse a los 7 días y su resistencia a la compresión simple no debe ser menor a 18 kg/cm². (Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Toirac Corral, 2009)

Como en la mayoría de los métodos de diseño de pavimentos, para el cálculo de espesores de la capa de suelo cemento se suelen precisar los siguientes datos generales: volumen y tipo de tráfico, período de diseño y capacidad de soporte de la subrasante. Cada método de diseño tiene su propio procedimiento, el cual involucra ecuaciones, gráficas y programas computacionales específicos para procesar la información. Estos elementos permiten obtener un resultado confiable sobre el espesor necesario de suelo-cemento a aplicar, generalmente en función de parámetros de resistencia mecánica discutidos en el documento. En pavimentos de carreteras secundarias, calles y aeropuertos de tráfico ligero, las bases de suelo-cemento suelen tener un espesor de 15 cm. En calles residenciales y estacionamientos de vehículos ligeros, los espesores comunes oscilan entre 10 y 13 cm. No obstante, estos valores se consideran mínimos y podrían experimentar fatiga prematura en caso de un aumento en el volumen y/o peso del tráfico. En carreteras de tráfico pesado y autopistas, los espesores más frecuentes varían entre

18 y 25 cm, pudiendo llegar hasta 35 cm en situaciones de tráfico más pesados. Obteniendo la estructura de pavimento óptima, tomando en cuenta que al hablar de la estructura de una vía nos referimos a la disposición y organización de los diferentes componentes que conforman una carretera o camino. Incluye todas las capas y elementos necesarios para asegurar la resistencia, durabilidad y funcionalidad de la misma. (Ing. Claudio Giordani, 2017).

En lo que respecta al método convencional de tendido por capas, es esencial destacar que implica la conformación de capas de material procesado para la formación de la estructura vial, sin la adición de aglutinante para su estabilización. Similar al método de estabilización suelo-cemento, se requiere completar la construcción y confirmación de la subrasante antes de iniciar la colocación de los agregados para el mejoramiento, subbase o base, asegurando su correcta compactación y cumplimiento de las especificaciones contractuales en términos de alineaciones, pendientes y superficie, además de estar libre de materiales extraños. Cualquier obra adicional, como subdrenajes, debe estar finalizada antes de comenzar el transporte y la colocación del material granular. Después de las obras preliminares y la ubicación del material en el sitio, se procede a mezclar uniformemente utilizando maquinaria aprobada como motoniveladoras o mezcladoras de discos. Durante este proceso, se riega la cantidad adecuada de agua para lograr la humedad necesaria para la compactación requerida. Una vez obtenida una mezcla homogénea, el material se extiende a lo ancho de la vía con un espesor uniforme. Luego, se realiza la conformación y compactación de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal indicadas en los planos. Es necesario destacar que, a diferencia del método de estabilización suelo-cemento, en este caso, el material colocado no se estabiliza con aglutinante, lo que implica que los espesores de las capas a colocar serán mayores. (Obras Publicas, 2002)

En base a lo expuesto, se realizó una investigación explicativa – cuantitativa del método constructivo de estabilización suelo cemento y su metodología de aplicación para la construcción de vías, mediante el estudio de teorías aplicadas al mismo, analizando su eficiencia dentro del campo de la construcción; además, tomando en cuenta el objetivo de esta investigación, se procedió a realizar la comparación de los costos y rendimientos, entre el método constructivo de estabilización suelo cemento y el método constructivo convencional de tendido por capas; a través de la revisión de contratos de obra pública ejecutados en la provincia de Cañar por ASFALTAR EP, con el método de estabilización y la elaboración de la proyección de los mismos contratos presupuestados con el método convencional; determinado así la eficiencia del método constructivo de estabilización suelo cemento.

2. Materiales y métodos

La investigación tiene un enfoque explicativo – cuantitativo, y se lleva a cabo en la Provincia del Cañar.

Dentro de la metodología, se procedió a extraer y comparar los costos y los rendimientos de construcción de carreteras de segundo y tercer orden a nivel de carpeta asfáltica, analizando dos enfoques constructivos: el método de estabilización suelo cemento y el método convencional de tendido por capas.

2.1. Metodología de análisis y cálculo para el método de estabilización suelo cemento.

En base a la revisión y extracción de datos con respecto al costo y rendimiento de los contratos ejecutados mediante el método de estabilización suelo cemento por medio de la empresa ASFALTAR EP, se desprende que los contratos y planillas de liquidación analizados, corresponden a los proyectos de mantenimiento y mejoramiento de las vías de la provincia del Cañar I, II y III Etapa; con montos de ejecución de \$2'242.938,58, \$1'900.720,3, \$816.265,49, respectivamente.

Como primer paso dentro de este proceso de análisis y cálculo, se procedió a revisar las planillas de los contratos ejecutados y extraer los rubros utilizados en la estabilización suelo cemento.

Seguido de ello se procede a determinar el tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento, en base a la extracción de los rendimientos de cada uno de los APUs que constan dentro del contrato, los cuales varían en precios y en rendimientos en base a sus dosificaciones correspondientes, cuya unidad es el m²; obteniendo un promedio total, mismo que es utilizado para el cálculo del tiempo de ejecución para este tipo de trabajos (Ver en **Tabla 1**).

Una vez obtenido el rendimiento promedio, se procede a calcular el tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento en días y en meses, en base al área de intervención de cada una de las vías y el rendimiento promedio obtenido (Ver en **Tabla 2**).

En cuanto al monto total de ejecución se extraen los datos de las planillas antes mencionadas para obtener un monto de ejecución de los trabajos de estabilización ejecutados (Ver en **Tabla 3**).

2.2. Metodología de análisis y cálculo para el método convencional de tendido por capas.

Para obtener los rendimientos para el cálculo del tiempo total de ejecución de los trabajos para la conformación de la estructura de la vía mediante el método tradicional de tendido por capas, así como el monto de ejecución de los trabajos realizados mediante el mismo método; se procede a ubicar los APUs correspondientes a Suministro de material de mejoramiento (sin. transp.) (material suelto zona 3), Suministro de material de base clase II (sin. transp.) (material suelto zona 3), Tendido y compactación de capas de material granular con equipo pesado, Transporte de áridos (material suelto); extraídos del contrato Cañar III, tomando en consideración que estos APUS se adaptan a los trabajos correspondientes al método analizado y pueden ser utilizados dentro de la proyección.

Sin embargo, se tiene que tomar en consideración que para poder realizar los cálculos es necesario contar con los volúmenes de material proyectados para ser ejecutados en la obra y estos se obtienen en base a la estructura de pavimento determinada para cada una de las vías; al tratarse de una proyección en base a un contrato inicial se determinó calcular una estructura tipo en base a los datos obtenidos de los estudios de suelos y diseño de pavimentos de los proyectos analizados, tomando en consideración como método recomendado por la norma NEVI 12 Volumen 2B, para pavimentos flexibles el método AASHTO – 93, el cual describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles, asumiendo que tales estructuras soportaran niveles significativos de tránsito, dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos. (*Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2B*, 2013)

Tomando como base esta consideración, se extrajo tres valores importantes obtenidos de los estudios de pavimentos para el proyecto de mantenimiento vial para varias vías en la Provincia de Cañar: las vías con mayor y menor número de ejes equivalentes proyectados, el módulo elástico de cada material y las vías con el menor CBR, sin embargo se pudo observar que este último valor era similar en la mayoría ensayos de la subrasante realizados en cada una de las respectivas vías a ser intervenidas, por lo que se utilizó los datos para el diseño de la estructura tipo para el método convencional de tendido por capas, obtenidos del proyecto denominado mantenimiento y mejoramiento de vías en la Provincia del Cañar ETAPA I, ya que es el proyecto más representativo en cuanto a monto y al número de vías que se ejecutan (Ver en **Tabla 4**).

Para la alternativa planteada en el diseño de la carpeta asfáltica, se consideró un periodo de diseño de 10 años que será ejecutado en etapas, siendo una primera intervención con una proyección de 5 años, para luego colocar un refuerzo estructural mediante la incorporación de una capa asfáltica para 10 años más, en donde ninguna de sus capas sea estabilizada; como ya se conoce el método de estabilización reduce el espesor de las capas de la estructura vial de manera considerable, por lo que una vez diseñada la estructura tipo con el método convencional se obtuvo capas con espesores mayores a los ejecutados. Posterior a ello, se realizó una

proyección en base a los volúmenes obtenidos y así reflejar los valores del tiempo y monto de ejecución, mismos que fueron comparados con los valores obtenidos del método de estabilización. Para este análisis, se trabajó con las vías de Gallorrumi y Zumbahuyco, cuyos valores obtenidos de los estudios se asemejan de mejor manera al tipo de vías intervenidas y a la zona de estudio. (Ver en **Tabla 5,6,7,8**) (Ver en **Figura 2,3**)

En base a los diseños realizados, se obtiene un promedio de las capas de mejoramiento y base para los dos casos analizados, obteniendo una estructura de pavimento conformada por 25 cm de mejoramiento, 25 cm de base, manteniendo el mismo espesor de pavimento colocado en cada una de las obras ejecutadas; el rendimiento correspondiente al tendido y compactación de material extraído del APU, corresponde a 0.02857, con lo que se puede calcular el volumen tendido por día con jornada laboral de 8 horas, mismo que será utilizado para calcular el tiempo de ejecución. En base al análisis de los contratos ejecutados y de las solicitudes de los mismos, se plantea la colocación de una capa de 25 cm de material de mejoramiento en todos los contratos, ya que ese es el espesor de la capa solicitado para estabilizar, sin embargo, en base a las condiciones de campo de las vías intervenidas se pudo comprobar la presencia de una capa de material de mejoramiento de 15 cm aproximadamente, por lo que se completó solo 10 cm adicionales de este material. (Ver en **Tabla 9,10**) (Ver en **Figura 4**)

Una vez definida la estructura de pavimento tipo, se procede con el cálculo del tiempo de ejecución y el costo de construcción del método convencional de tendido por capas. (Ver en **Tabla 11**)

En base a las áreas ejecutadas dentro de los contratos iniciales, se procede al cálculo del monto total proyectado con el método convencional de tendido por capas, calculando el volumen correspondiente al material de mejoramiento y base proyectados con sus respectivos espesores calculados, para luego calcular el monto ejecutado incluyendo el transporte, tendido y compactado de cada una de las capas utilizando los valores de los APUs antes mencionados. (Ver en **Tabla 12**)

2.3. Metodología del análisis y cálculo comparativo entre los métodos constructivos analizados.

El enfoque central de esta investigación se basó en evaluar la eficiencia del método de estabilización de suelo cemento en términos de tiempos y costos en la construcción de estas vías. Para lograr esto, una vez desglosados los costos y los rendimientos basados en el método de estabilización de suelo cemento, y calculados los mismos para el método convencional; se procesan los datos mediante tablas comparativas que permiten determinar la eficiencia del método de estabilización suelo cemento. (**Tabla 13**)

En la **Figura 1** se adjunta el esquema metodológico utilizado para realizar esta investigación.

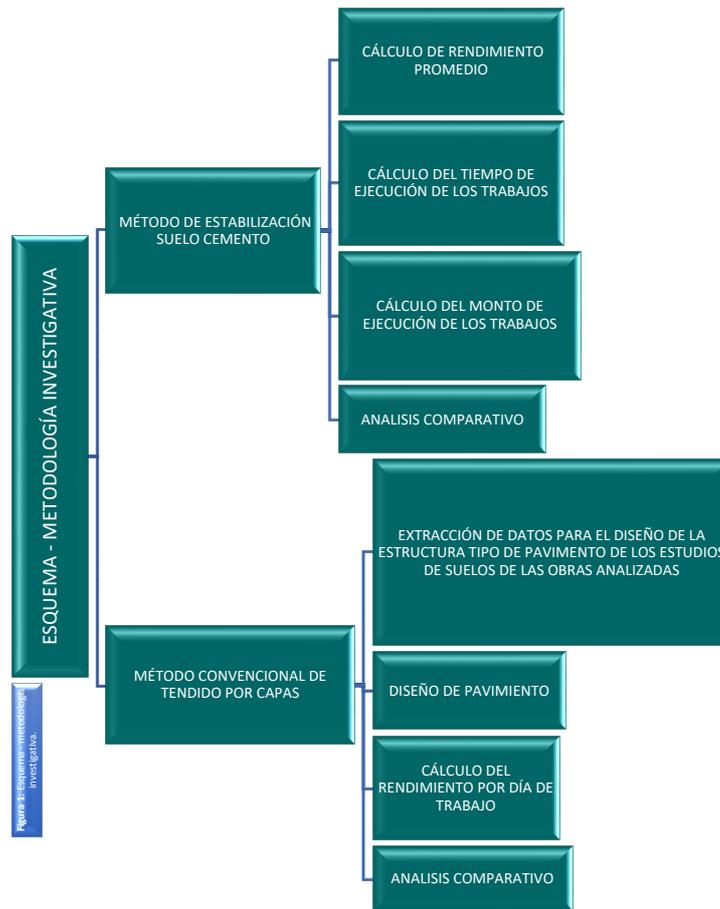


Figura 1: Esquema – metodología investigativa.

3. Resultados

En base a la metodología utilizada se presentan las tablas de cálculo elaboradas para la obtención de los parámetros utilizados para determinar el rendimiento y los costos de ejecución correspondientes a cada uno de los métodos analizados.

3.1 Resultados método de estabilización suelo cemento.

En la Tabla 1 se calculó el rendimiento promedio para el método de estabilización suelo cemento en base al rendimiento extraído de los APUs ejecutados en cada una de las obras analizadas, obteniendo un valor de 0.0041 HORA/m²; mismo que será utilizado para determinar el tiempo de ejecución de dichos trabajos.

Tabla 1: Cálculo del rendimiento para el método de estabilización suelo cemento.

TABLA DE RENDIMIENTOS APU ESTABILIZACIÓN SUELO – CEMENTO		
RENDIMIENTO		HORA/M2
CAÑAR I ETAPA		
OBRA	DOSIFICACIÓN (kg/cm ²)	RENDIMIENTO (hora/m ²)
INGAPIRCA	105	0.0038
GALLORUMI	100	0.0039
LA TRANCA	117	0.0050
RUMIHURCO	124	0.0075
AYANCAY	135	0.0038

ZUMBAHUAICO	135	0.0038
PROMEDIO		0.0046
CAÑAR II ETAPA		
SAN NICOLAS	110	0.0040
ZHULLIN	135	0.0040
CAÑAR III ETAPA		
PUENTE PALO – EL CISNE	100	0.0039
PROMEDIO TOTAL		0.0041

En la Tabla 2 se extrajo el valor de las áreas de ejecución dentro de cada una de las obras analizadas, las mismas que una vez multiplicadas por el rendimiento promedio obtenido arrojaron el tiempo de ejecución en días de trabajo, esto quiere decir 8 horas laborables, y posteriormente se obtuvo un valor total de los contratos ejecutados con el método de estabilización suelo cemento en días de 56.23 y en meses de 1.87, valores que fueron comparados con el método convencional.

Tabla 2: Cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos con el método de estabilización suelo cemento.

TIEMPO DE EJECUCIÓN		
RENDIMIENTO		0.0041
CAÑAR I ETAPA		
OBRA	ÁREA (m²)	DÍAS DE TRABAJO
INGAPIRCA	10490.75	5.42
GALLORUMI	11716.71	6.05
LA TRANCA	2788.07	1.44
RUMIHURCO	9610.47	4.97
AYANCAY	6360	3.29
ZUMBAHUICO	14294.18	7.39
CAÑAR II ETAPA		
SAN NICOLAS	17567.19	9.08
ZHULLIN	21731.67	11.23
CAÑAR III ETAPA		
PUENTE PALO	8659	4.47
EL CISNE	5600	2.89
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (DÍAS)		56.23
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (MESES)		1.87

Para obtener el monto total de ejecución de los trabajos correspondientes al método de estabilización suelo cemento como se puede observar en la Tabla 3, se procedió a extraer los montos ejecutados para dichos trabajos en cada una de las obras, para luego obtener un monto de ejecución total de 801291.52 usd, siendo esta una de las variables analizadas.

Tabla 3 Cálculo del monto total ejecutado en los trabajos correspondientes al método de estabilización suelo cemento para la conformación de la estructura vial.

MONTO DE EJECUCIÓN – TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO	
CAÑAR I ETAPA	
OBRA	MONTO EJECUTADO POR OBRA EN LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (USD)
INGAPIRCA	63901.66
GALLORUMI	69658.78
LA TRANCA	16920.38
RUMIHURCO	82674.08
AYANCAY	47037.61
ZUMBAHUICO	105953.31
CAÑAR II ETAPA	
SAN NICOLAS	132983.63
ZHULLIN	190152.11

CAÑAR III ETAPA	
PUENTE PALO	57339.97
EL CISNE	34670
MONTO DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO (USD)	801291.52

3.2 Resultados método convencional.

Una vez que se obtuvieron los datos comparativos del método de estabilización suelo cemento, se procedió a proyectar los mismos contratos asumiendo su ejecución en base al método convencional, para esto en la Tabla 4 se adjuntaron los datos necesarios para el diseño de la estructura tipo extraídos de los estudios de suelos de las obras analizadas, los cuales fueron utilizados para escoger las mejores opciones para el análisis y posterior a ello obtener las áreas y volúmenes de material para calcular el monto y tiempo de ejecución para dicho método.

Tabla 4: Datos para el diseño de la estructura tipo para el método convencional de tendido por capas.

OBRA	No EJES EQUIVALENTES (5 años)	No EJES EQUIVALENTES (10 años)	CBR SUBRASANTE (%)	MODULO ELÁSTICO (psi)
Vía Castillo Ingapirca – Y de Silante parroquia de Ingapirca	455393	969602	4.1	5200
Vía Gruta – Gallorumi, parroquia Honorato Vásquez	143209	302835	3	5200
La Tranca, parroquia Honorato Vásquez	143209	302835	3	5200
Vía a Rumihurco, parroquia Javier Loyola	90643	191793	3.2	5400
VÍA PUENTE AYANCAY – ESC. ZUMBAHUAICO PARROQUIA DE JAVIER LOYOLA	90643	191793	3.5	5800
MATERIAL DE MEJORAMIENTO	–	–	20	13000
MATERIAL BASE	–	–	80	28000
ASFALTO	–	–	–	275000

Las Tablas 5 y 7 contiene los datos utilizados para el diseño de pavimentos para las vías de Gallorumi y Zumbahuyco, mientras que en las Tablas 6 y 8 se calculó la estructura de pavimento reflejadas en las Figuras 2 y 3, al final se obtuvo una estructura de pavimento promedio reflejada en la Figura 4.

Tabla 5: Datos para el diseño de pavimentos – GALLORRUMI.

DATOS DE DISEÑO		
Tráfico de diseño (W18) =	143209	ESAL's
po =	4.0	
pt =	2	
Confiabilidad (R) =	85	%
Desviación Estándar (So) =	0.45	
CÁLCULOS		
Δ PSI =	2	
Zr =	-1.040	

Tabla 6: Diseño de pavimento, método convencional de tendido por capas – GALLORRUMI.

Diseño Pavimento Flexible para 5 años con carpeta asfáltica											
Capas		Número Estructural			Espesor requerido D			Espesor adoptado D*		Numero estructural adoptado	
Nombre	Módulo (psi)	mi	ai	SN requerido	Capa	in	cm	in	cm	SN* adoptado	
Carpeta asfáltica	275000		0.350	SN1	1.42	D1	4.05	10.28	1.50	3.81	0.53
Base	28000	1	0.130	SN2	1.94	D2	10.86	27.58	9.84	25.00	1.28
Mejoramiento	13000	1	0.090	SN3	2.73	D3	10.33	26.24	11.81	30.00	1.06
Subrasante	5200		–							SN* = 2.87	

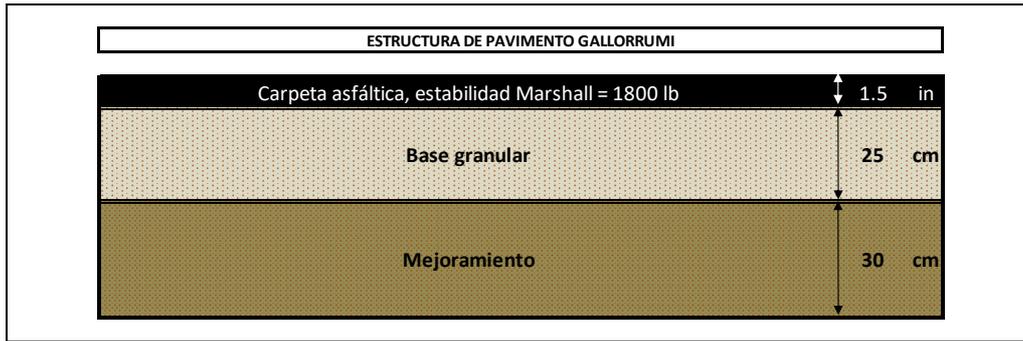


Figura 2: Estructura de pavimento GALLORRUMI.

Tabla 7: Datos para el diseño de pavimentos – ZUMBAHUYCO.

Datos:		
Tráfico de diseño (W18) =	90643	ESAL's
po =	4.0	
pl =	2	
Confiabilidad (R) =	85	%
Desviación Estándar (So) =	0.45	
Cálculos:		
Δ PSI =	2	
Zr =	-1.040	

Tabla 8: Diseño de pavimento, método convencional de tendido por capas – ZUMBAHUYCO.

Diseño Pavimento Flexible para 5 años con carpeta asfáltica											
Capas		Número Estructural			Espesor requerido D		Espesor adoptado D*		Número estructural adoptado		
Nombre	Módulo (psi)	mi	ai	SN requerido	Capa	in	cm	in	cm	SN* adoptado	
Carpeta asfáltica	275000		0.350	SN1	1.30	D1	3.72	9.44	1.50	3.81	0.53
Base	28000	1	0.130	SN2	1.79	D2	9.75	24.76	9.84	25.00	1.28
Mejoramiento	13000	1	0.090	SN3	2.44	D3	7.07	17.97	7.87	20.00	0.71
Subrasante	5800		-							SN* =	2.51

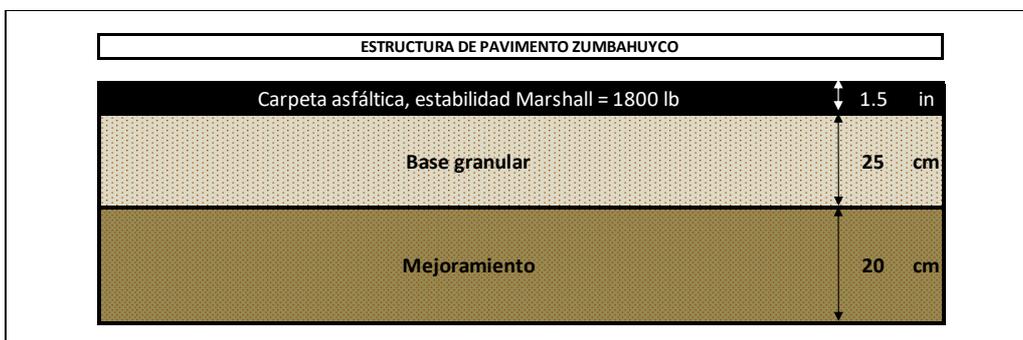


Figura 3: Diseño de pavimento – ZUMBAHUYCO.

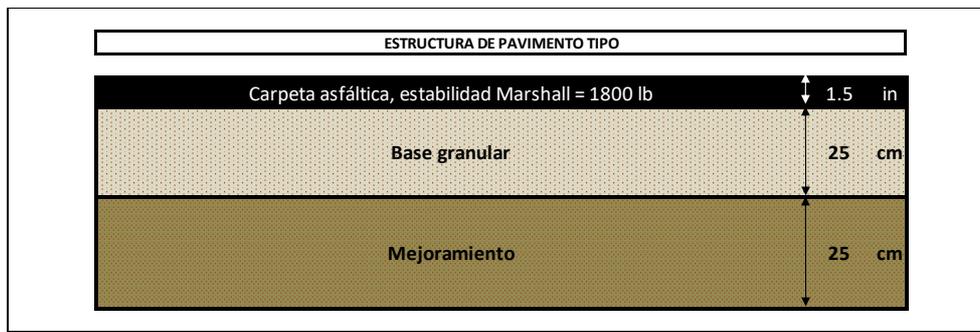


Figura 4 Estructura tipo de pavimento utilizado para el cálculo del método convencional de tendido por capas.

Una vez obtenida la estructura de pavimento tipo, en la Tabla 9 se calculó el rendimiento en volumen por día de trabajo, y con los datos extraídos para el cálculo del análisis de los contratos ejecutados plasmados en la Tabla 10, se calculó el tiempo de ejecución de 136.02 días, equivalente a 4.53 meses y un monto total de ejecución de 994216.91 usd, en las Tablas 11 y 12 respectivamente; siendo los valores que fueron utilizados para comparar los costos y rendimientos entre los dos métodos.

Tabla 9: Cálculo del rendimiento en volumen (m³) por día de trabajo correspondientes al método convencional de tendido por capas.

RENDIMIENTO	0.02857	Hora/m ³
MATERIAL TENDIDO Y COMPACTADO POR DIA DE TRABAJO (8 HORAS)	280.01	m ³
VIAJES POR DIA (12 m ³) incluye. Esp.	30.33	u

Tabla 10: Datos extraídos para el cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes al método convencional de tendido por capas.

TIEMPO DE EJECUCIÓN		
ESPESOR CAPA MEJORAMIENTO	0.10	m
ESPESOR CAPA BASE	0.25	m
COSTO M ³ MEJORAMIENTO (APU)	6.00	\$
COSTO M ³ BASE (APU)	14.70	\$
COSTO M ³ TENDIDO – COMPACTADO (APU)	4.14	\$
COSTO M ³ TENDIDO Y COMPACTADO MEJORAMIENTO	17.64	\$
COSTO M ³ TENDIDO Y COMPACTADO BASE	26.34	\$
COSTO M ³ .KM	0.3	\$
DISTANCIA PROMEDIO	25	km

Tabla 11: Cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes al método tradicional de tendido por capas.

TABLA CALCULO DE RENDIMIENTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN APU MATERIAL DE MEJORAMIENTO, BASE, TENDIDO Y COMPACTACIÓN					
CAÑAR I ETAPA					
OBRA	VOL. MEJORAMIENTO (m ³)	VOL. BASE (m ³)	RENDIMIENTO POR DIA (m ³)	DÍAS TRABAJADOS MAT. MEJORAMIENTO	DÍAS TRABAJADOS MAT. BASE
INGAPIRCA	1049.08	2622.69	280	3.75	9.37
GALLORUMI	1171.67	2929.18	280	4.18	10.46
LA TRANCA	278.81	697.02	280	1.00	2.49
RUMIHURCO	961.05	2402.62	280	3.43	8.58
AYANCAY	636	1590	280	2.27	5.68
ZUMBAHUAICO	1429.42	3573.55	280	5.11	12.76
PROMEDIO					
CAÑAR II ETAPA					
SAN NICOLAS	1756.72	4391.8	280	6.27	15.69

ZHULLIN	2173.17	5432.92	280	7.76	19.40
CAÑAR II ETAPA					
PP – EL CISNE	865.9	2164.75	280	3.09	7.73
	560	1400	280	2.00	5.00
PROMEDIO TOTAL				38.86	97.16
DÍAS TOTALES TRABAJADOS					136.02
MESES TOTALES TRABAJADOS					4.53

Tabla 12: Cálculo de monto de ejecución de los trabajos correspondientes al método tradicional de tendido por capas.

CAÑAR I ETAPA							
OBRA	ÁREA (m2)	VOL. MEJORAMIENTO (m3)	VOL. BASE (m3)	MONTO EJECUTADO MEJORAMIENTO + TENDIDO (USD)	MONTO EJECUTADO BASE + TENDIDO (USD)	TRANSPORTE MATERIAL (MEJORAMIENTO, BASE) (USD)	TOTAL, MONTO TENDIDO COMPACTADO Y TRANSPORTADO (USD)
INGAPIRCA	10490.75	1049.08	2622.69	10637.67	49411.48	35799.76	95848.91
GALLORUMI	11716.71	1171.67	2929.18	11880.73	55185.75	39983.29	107049.77
LA TRANCA	2788.07	278.81	697.02	2827.13	13131.86	9514.34	25473.33
RUMIHURCO	9610.47	961.05	2402.62	9745.05	45265.36	32795.78	87806.19
AYANCAY	6360	636	1590	6449.04	29955.60	21703.5	58108.14
ZUMBAHUAICO	14294.18	1429.42	3573.55	14494.32	67325.68	48778.96	130598.96
CAÑAR II ETAPA							
SAN NICOLAS	17567.19	1756.72	4391.8	17813.14	82741.51	59948.07	160502.72
ZHULLIN	21731.67	2173.17	5432.92	22035.94	102356.21	74159.38	198551.53
CAÑAR III ETAPA							
PUENTE PALO	8659	865.9	2164.75	8780.23	40783.89	29548.84	79112.96
EL CISNE	5600	560	1400	5678.40	26376	19110	51164.40
TOTAL, TENDIDO MÉTODO TRADICIONAL (USD)							994216.91

3.3 Resultados de eficiencia costo – rendimiento.

El enfoque central es evaluar la eficiencia del método de estabilización de suelo cemento en términos de tiempos y costos en la construcción de estas vías. Para lograr esto, una vez desglosados los costos y los rendimientos basados en el método de estabilización de suelo cemento, y calculados los mismos para el método convencional, se procesaron los datos mediante tablas comparativas (Tabla 13,14), que permiten determinar la eficiencia del método de estabilización suelo cemento; tomando en consideración que es 141.90% más eficiente en cuanto a ahorro de tiempo y 24.08% más económico.

Tabla 13: Cálculo de porcentaje de ganancia de tiempo de ejecución para el método de estabilización.

TIEMPO EJECUTADO POR EL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN (DÍAS)	TIEMPO EJECUTADO POR EL MÉTODO TRADICIONAL (DÍAS)	DIFERENCIA (EST – CONVENCIONAL)	% DE GANANCIA
56.23	136.02	-79.79	141.90

Tabla 14 Cálculo de porcentaje de ganancia de monto de ejecución para el método de estabilización.

MONTO EJECUTADO POR EL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN	MONTO EJECUTADO POR EL MÉTODO TRADICIONAL	DIFERENCIA (EST – CONVENCIONAL)	% DE GANANCIA
801291.53	994216.91	-192925.38	24.08

4. Discusión

Dentro de la investigación el método de estabilización suelo cemento se destacó por su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas y durabilidad del suelo mediante la adición de cemento, creando una base más resistente y menos propensa a la deformación, menos costos de transporte, ahorro en inversión, tiempo y reducción del consumo de recursos. En contraste con el método convencional que según se explicó, implica la colocación de capas de material sin aglutinante, lo que puede resultar en menor resistencia y estabilidad a largo plazo, y puede requerir espesores de capas mayores, aumentando costos e impactos ambientales durante la extracción y transporte de materiales siendo necesarios estudios adecuados y un análisis costo beneficio antes de escoger entre cada uno de los métodos. De los resultados que se obtuvieron, se comprobó que, el espesor requerido de una capa de suelo estabilizada se reduce al menos a la mitad en comparación con un tendido convencional por capas. Además, que el ahorro en cuanto al costo al momento de la ejecución en carreteras estabilizadas con cemento base vial se reduce a un 25%, al encontrarse el resultado dentro de ese rango. En cuanto al ahorro de tiempo, se puede evidenciar que, al reducir los recursos, en este caso el material y maquinaria, a más del transporte y explotación se logró obtener un mejor rendimiento en la ejecución de las obras comprobándose las teorías investigadas para dicho método.

Sin embargo, la apertura a una investigación más amplia proporciona una perspectiva avanzada en la toma de decisiones en ingeniería vial, además de los beneficios identificados, es crucial considerar el impacto ambiental mediante un análisis de la huella de carbono. Esto evaluaría y compararía las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con ambos métodos, proporcionando una visión completa de la sostenibilidad del proyecto. El estudio de trabajabilidad y calidad de obras ejecutadas es esencial para garantizar la durabilidad y resistencia a largo plazo; deben evaluarse propiedades mecánicas y estructurales del suelo-cemento, así como resistencia a condiciones climáticas adversas y capacidad de carga, esto respaldará la eficiencia global del método y proporcionará datos para decisiones futuras. Un estudio de rendimiento en campo es crucial para corroborar la eficacia del método en condiciones del mundo real, evaluando si el rendimiento alcanzado se alinea con proyecciones teóricas; los rendimientos son indicadores fundamentales para evaluar eficiencia en productividad y uso eficiente de recursos, por lo que es recomendable estandarizar los rendimientos en cuanto a los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento, ya que se pudo evidenciar rendimientos que excedían la media calculada, dichas consideraciones se verán reflejadas en una disminución aun mayor en los costos de proyecto. En resumen, una investigación comprehensiva que aborde huella de carbono, trabajabilidad, calidad de obras y rendimiento en campo brindará una base sólida para la implementación exitosa del método. Este enfoque global asegura que decisiones en ingeniería vial consideren no solo aspectos económicos y de tiempo, sino también impactos ambientales y eficacia operativa a largo plazo.

5. Conclusión

Las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos en la investigación, centrados en los costos y rendimientos de los métodos de estabilización suelo-cemento y tendido por capas, proporcionaron una perspectiva valiosa sobre la viabilidad y eficacia de ambas técnicas en proyectos de ingeniería vial.

En cuanto a los costos, se evidencio de manera consistente que el método de estabilización suelo-cemento presento una clara ventaja económica sobre el método convencional de tendido por capas, con un ahorro significativo del 24.08 %; por lo que se demostró que el método es más eficiente desde el punto de vista financiero. Factores como la reducción en la cantidad de material requerido, los menores costos de transporte y la disminución de horas maquina trabajadas y mano de obra, contribuyeron a esta ventaja económica; estos hallazgos son

fundamentales para la planificación presupuestaria y la optimización de recursos en proyectos de construcción vial.

En lo que respecta al rendimiento, el método de estabilización suelo-cemento destacó aún más al lograr un ahorro significativo de tiempo del 141.90 % en comparación con el método convencional de tendido por capas. Este resultado subraya la eficiencia operativa del método, al acelerar el proceso de construcción y reducir el uso de recursos para su implementación. La rapidez en la ejecución es un factor crítico en proyectos de ingeniería vial, y el método de estabilización suelo-cemento se posiciona como una opción que puede contribuir significativamente a cumplir con plazos más ajustados. Siendo estos hallazgos congruentes con el objetivo planteado por la Prefectura del Cañar, orientado a la reducción de costos y tiempos en la ejecución de obras viales asfaltadas.

En conjunto, los resultados respaldaron de manera concluyente la eficiencia y la viabilidad tanto económica como operativa del método de estabilización suelo-cemento en comparación con el método convencional de tendido por capas, y ofrecieron información valiosa para la toma de decisiones en la ingeniería vial, promoviendo la adopción de prácticas constructivas más eficientes y sostenibles en beneficio de la planificación y desarrollo de infraestructuras viales.

De la investigación se extrajeron datos interesantes de artículos científicos desarrollados en base al estudio de vías dentro de la región del Ecuador; dos investigaciones ecuatorianas desprendieron valiosos aportes al análisis e implementación del método suelo-cemento dentro del País. Por un lado, el "Análisis de costos entre estabilización suelo-cemento y mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar", comparó costos y realizó ensayos de clasificación, caracterización y dosificación de materiales estabilizados con cemento, sugiriendo al método de estabilización suelo cemento como una alternativa más sostenible y rentable al mantenimiento periódico ya que lo analiza como un trabajo de mantenimiento vial prolongado. Mientras que la investigación "Base Estabilizada con Suelo-Cemento para Caminos No Asfaltados 'Ruta Del Cacao'" destacó la importancia de dosificaciones de cemento para optimizar la efectividad del método de igual forma en un mantenimiento vial prolongado; de lo que se dedujo el aporte significativo de la investigación realizada, ya que dentro del estudio se analizó la aplicación del método de estabilización suelo cemento como un trabajo previo al asfaltado vial, más allá de ser utilizado como un método de mantenimiento vial prolongado, por lo que complementa la investigación de estudios anteriores.

Agradecimiento: El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestrías en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología (CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Contribución de autores:

conceptualización P.I y D.Q; redacción-revisión y edición, P.I y P.V

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

Bahar, R., Benazzoug, M., & Kenai, S. (2004). Performance of compacted cement-stabilised soil. *Cement and Concrete Composites*, 26(7), 811–820.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003>

- Basha, E. A., Hashim, R., Mahmud, H. B., & Muntohar, A. S. (2019). *Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement*. http://ac.els-cdn.com/S0950061804001734/1-s2.0-S0950061804001734-main.pdf?_tid=1864bf2a-66e4-11e3-
- Bucheli-Pérez, D., Sarmiento-Segovia, H., García-Troncoso, N., & Flores-Rada, J. (2022, April). Stabilised Base with Soil-Cement for Unpaved Roads “Ruta Del Cacao” (Guayas, Ecuador). *Proceedings of the 7th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.11159/icsect22.110>
- Cheng, Y. M. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(5), 850–860. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.003>
- CINTERFOR. (2011). *Guía para la evaluación del impacto de la formación*.
- CONGOPE. (2019). *Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Cañar 2019*.
- David Quevedo-Pesántez, F. I., Benigno Ávila-Calle, M. I., & Julio Calle-Castro III, C. (2021). *Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar* *Análise de custos entre estabilização solo-cimento e manutenção periódica de estradas rurais na província de Cañar*. 7(1), 804–821. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1678>
- Diego María Barbieri, B. L. R. J. D. X. W. H. C. B. S. U. G. S. H. J. S. T. I. H. (2022). Design and sustainability analyses of road base layers stabilized with traditional and nontraditional additives. *Journal of Cleaner Production*, 372.
- HOLCIM ECUADOR S.A. (2021). *Holcim Base Vial*.
- IMCYC. (2009). *manual-de-construccion-de-suelo-cemento*.
- Ing. Claudio Giordani, Ing. D. L. (2017). *PAVIMENTOS*.
- Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2B*. (2013).
- Obras Publicas, M. DE. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Rivera, J. F., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos – Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*, 84(2), 43–67. <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Toirac Corral, I. (2009). *Ciencia y Sociedad*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>
- Turkane, S. D., & Chouksey, S. K. (2022). Partial Replacement of Conventional Material with Stabilized Soil in Flexible Pavement Design. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 35(5), 908–916. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.05b.07>



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>