



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i1.1678>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

*Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento
periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar*

*Cost analysis between soil-cement stabilization and periodic maintenance of
rural roads in the province of Cañar*

*Análise de custos entre estabilização solo-cimento e manutenção periódica de
estradas rurais na província de Cañar*

Fausto David Quevedo-Pesántez ^I
david92qp@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2148-488X>

Marco Benigno Ávila-Calle ^{II}
mavila@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6891-0030>

Carlos Julio Calle-Castro ^{III}
cjcallec@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2134-1432>

Correspondencia: david92qp@hotmail.com

***Recibido:** 30 de noviembre de 2020 ***Aceptado:** 28 de diciembre de 2020 * **Publicado:** 23 de enero de 2021

- I. Ingeniero Civil, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Arquitecto, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Resumen

El presente trabajo analiza los costos de una estabilización suelo cemento y los que actualmente se vienen invirtiendo en los mantenimientos rutinarios o periódicos en las vías rurales de la Provincia del Cañar. De esta manera verificar qué método es el más económico para realizar el mantenimiento en las vías rurales, que ayuden a los GADs de la Provincia del Cañar a una administración eficaz y sustentable de los recursos destinados al mantenimiento vial. Tomando en cuenta vías que no tengan tráfico pesado constante y que conecte puntos de producción agrícola y ganadera con las vías de acceso a las ciudades. Se considerará el uso del material existente en el sitio con el fin de evitar la explotación de minas, también el uso de materiales con carbono neutro como es el cemento tipo MH para la estabilización, lo cual se enfoca en métodos constructivos amigables con el ambiente. Se puede evidenciar que el uso de un 6% de cemento incrementa las características mecánicas del suelo existente en la vía, cumpliendo con los factores de resistencia a la compresión, ahuellamiento y flexotracción para un período de diseño de 5 años. El mantenimiento vial periódico tiene un costo a largo plazo de un 80% más elevado que el del mantenimiento por medio de la estabilización suelo-cemento.

Palabras clave: Estabilización; suelo cemento; mantenimiento; vías rurales.

Abstract

This work analyzes the costs of a soil-cement stabilization and those that are currently being invested in routine or periodic maintenance in rural roads in the Province of Cañar. In this way, verify which method is the most economical to carry out maintenance on rural roads, which will help the GADs of the Province of Cañar to an effective and sustainable administration of the resources allocated to road maintenance. Taking into account roads that do not have constant heavy traffic and that connect points of agricultural and livestock production with access roads to cities. The use of the existing material on the site will be considered in order to avoid the exploitation of mines, as well as the use of materials with neutral carbon such as cement type MH for stabilization, which focuses on environmentally friendly construction methods. It can be evidenced that the use of 6% cement increases the mechanical characteristics of the existing soil on the road, complying with the factors of resistance to compression, rutting and flexural traction for a design period of 5

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

years. Periodic road maintenance has a long-term cost 80% higher than maintenance through soil-cement stabilization

Keywords: Stabilization; cement soil; maintenance; rural roads.

Resumo

Este trabalho analisa os custos de uma estabilização do solo-cimento e aqueles que estão sendo atualmente investidos na manutenção de rotina ou periódica das estradas rurais da Província de Cañar. Desta forma, verificar qual método é o mais econômico para realizar a manutenção de estradas rurais, o que ajudará os GADs da Província de Cañar a uma gestão eficaz e sustentável dos recursos destinados à manutenção de estradas. Levando em consideração estradas que não têm tráfego pesado constante e que conectam pontos de produção agropecuária com estradas de acesso às cidades. A utilização do material existente no local será considerada de forma a evitar a exploração de minas, bem como a utilização de materiais com carbono neutro como o cimento tipo MH para estabilização, que aposta em métodos de construção amigos do ambiente. Percebe-se que a utilização de 6% de cimento aumenta as características mecânicas do solo existente na estrada, atendendo aos fatores de resistência à compressão, sulco e tração flexural por um período de projeto de 5 anos. A manutenção periódica de estradas tem um custo de longo prazo 80% maior do que a manutenção por meio da estabilização com solo-cimento.

Palavras chave: Estabilização; solo de cimento; manutenção; estradas rurais.

Introducción

La Provincia del Cañar tiene un porcentaje de población rural de un 64.80%, la cual se dedica netamente a la agricultura y ganadería, siendo estas las principales actividades económicas de la Provincia, por tal motivo la necesidad de tener una red vial en condiciones óptimas es indispensable para el comercio y la intercomunicación de los centros poblados de las zonas rurales con las urbanas de la Provincia. Los elevados costos de los diseños definitivos viales, la gran cantidad de kilómetros de carreteras a nivel de lastre y la poca capacidad operativa de las entidades públicas repercute para que la mayoría de las vías rurales de la Provincia se encuentren en mal estado, ocasionando que los sectores agrícolas y ganaderos no puedan transportar sus productos hacia los puntos de abastecimiento de las ciudades. (Congope, 2019)

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

Las condiciones actuales de los suelos de las vías rurales de la Provincia del Cañar se encuentran a nivel de lastre (Congope, 2018), lo que causa, que necesiten constantes mantenimientos para poder tenerlas en condiciones apropiadas para el transporte de productos, se plantea la solución por medio de la estabilización de suelo con cemento, que mejoran las características mecánicas del suelo existente, sin la necesidad de llegar a un diseño definitivo de las vías (Basha et al., 2005)

La longitud total de las vías que se encuentran dentro de la Provincia del Cañar es de 3097.08 Km de los cuales solo 175.07 Km se encuentran a nivel de hormigón o asfalto, es decir, tan solo el 5.66% del total de las vías de la Provincia se encuentran en condiciones óptimas, teniendo en cuenta que en este porcentaje están comprendidas las vías de comunicación entre las cabeceras cantonales y que el restante, es decir, 2922.01 Km (94.34%) se encuentran a nivel de lastre o suelo natural, lo que causa dificultad para la comercialización de productos agrícolas y ganaderos de los cuales vive la mayoría de los habitantes de la Provincia del Cañar. (Congope, 2018)

Actualmente los tratamientos que se dan por parte de las entidades públicas a las vías rurales se limitan a una reconfiguración vial que no es más que seguir lastrándolas, lo cual no es la mejor solución ya que causa que en el invierno los habitantes transiten por vías llenas de lodo y baches; por otro lado, en verano soporten nubes de polvo generados por el paso de los vehículos a través de estas vías. Los costos de un diseño y construcción vial definitivo son muy elevados como para que las entidades públicas puedan realizarlos en todas las vías de su competencia por lo que se presenta la necesidad de encontrar procesos constructivos que ayuden a mejorar la red vial provincial es de carácter urgente, se debe tomar en cuenta el tiempo de ejecución y el costo del proyecto, sabiendo que los mantenimientos viales que se realizan en la actualidad en las vías rurales si bien son de muy corto tiempo de ejecución pero no duran más allá de 6 meses en el mejor de los casos y nuevamente se deben intervenir, lo que causa que los GADs Provinciales y Cantonales no puedan cubrir con la necesidad de mantenimiento vial en las zonas rurales.

En lugares donde las condiciones de los suelos no son las suficientes como para soportar el tráfico existente por la vía, se puede usar la estabilización suelo cemento y mejorar varios centímetros de suelo, este procedimiento evita la importación de materiales y el excesivo uso de maquinaria o equipos camineros, lo que ayuda a reducir costos. (Razali & Che Malek, 2019)

La estabilización del suelo tiene como fin aumentar la resistencia y durabilidad de los suelos para evitar el desgaste prematuro de estos, el sistema de estabilización más usados es por medio de la

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

adición de cemento portland ya que ayuda a mejorar la estabilidad a los suelos arcillosos. Se debe tener cuidado con la cantidad de cemento adicionado al suelo, ya que el exceso de este puede generar agrietamientos en el suelo estabilizado, permitiendo el ingreso de agua que hará que se deteriore de manera temprana, lo cual se puede evitar con el incluyendo betún o algún tipo de mezcla asfáltica para generar algún tipo de elasticidad. (Shojaei Baghini et al., 2013)

El método más económico para la estabilización de suelos es la química, los agentes aglutinantes más comunes usados para este método, es el cemento y la cal, se ha podido comprobar a través de ensayos de laboratorio y pruebas de California Bearing Ratio (CBR) en el cual se ha podido obtener que con la adición de aglutinantes como el cemento el CBR de los suelos tratados se ha incrementado de 5 a 6 veces, las pruebas de resistencia se realizan a los 7, 14 y 28 días. (Harianto et al., 2020), (Cokca, 2001) y (Sharma et al., 2018)

El agotamiento o la poca cantidad de materiales granulares que cumplen con las especificaciones solicitadas para las capas de pavimento, nos llevan a usar materiales de sitio o de cantera estabilizados con cemento para llegar a cumplir con las resistencias a la compresión, resistencia a flexión y otros parámetros para que puedan ser aprobados y utilizados como capas estructurales de pavimentos. (Biswal, 2020) y (Consoli et al., 2012)

Las investigaciones de la estabilización de suelos residuales o de mala calidad por medio de cemento demuestran que a través de este proceso se reduce la plasticidad de los suelos, disminuye la densidad seca y aumenta el contenido de humedad optima, lo cual mejora las características del suelo residual. Las recomendaciones tanto de características de la mezcla como económicas hablan de una adición de entre el 6% al 8% de cemento. (Basha et al., 2005) y (Danso & Manu, 2020)

La estabilización con cemento es un proceso en el cual se mejora las capacidades mecánicas del suelo, incrementa la capacidad de resistencia a la compresión del suelo y mejor la capacidad de cohesión de estos. La mezcla de estos componentes ayuda a formar un elemento más impermeable ya que los cristales de cemento al contacto con agua ocupan todos los espacios que dejan las partículas de suelo que son de mayor tamaño. (Bahar et al., 2004) y (Sariosseiri & Muhunthan, 2009).

Un factor para tener en cuenta para la estabilización suelo cemento es la cantidad de materia orgánica en el suelo, ya que este factor puede afectar directamente a la ganancia de resistencia del

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

suelo estabilizado, es decir, mientras menos cantidad de materia orgánica tenga el suelo, mayor resistencia ganará. (Tremblay et al., 2002)

Un factor que puede afectar considerablemente la durabilidad de la capa de suelo estabilizada con cemento es el contacto con sulfatos, ya que estos son altamente destructivos, hay que tener en cuenta la existencia de agua subterránea o agua de pozos en los lugares donde se vaya a realizar una estabilización cemento. (Rollings, R.S., Pete Burkes, J., Rollings, 1999)

El objetivo del estudio es realizar un análisis comparativo entre los costos del mantenimiento vial periódico o rutinario y por medio de la estabilización suelo cemento de las vías rurales de la Provincia del Cañar, con el fin de conocer el método más económico para la realización del mantenimiento vial.

Metodología

La metodología por usarse consiste en identificar la efectividad del uso de la estabilización suelo cemento en la construcción de carreteras en la zona rural, la maquinaria necesaria para los trabajos de estabilización suelo cemento, identificar el desempeño del método de la estabilización suelo cemento en comparación con los métodos convencionales y compararlos entre sí. (Razali & Che Malek, 2019)

Siguiendo las recomendaciones que fueron planteadas en lo antes descrito, se identificará las vías rurales a intervenir, tomar muestras de suelo y clasificarlos para poder obtener la mezcla de suelo cemento óptimo y que genere incremento en las capacidades mecánicas del suelo tratado.

Se debe analizar todos los elementos que intervienen tanto en la estabilización suelo cemento como en el mantenimiento periódico como materiales, maquinarias y mano de obra.

Una vez obtenida esta información, se comparará los dos métodos de mantenimiento vial y se identificará el que genere menores costos y mayores capacidades mecánicas.

Resultados

Extracción de muestras de suelo

Las calicatas se realizaron mediante maquinaria pesada a una profundidad de 2 metros para establecer estratigrafía y tomar muestras para análisis de la subrasante.

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

La vía de la cual se extrajo las muestras de suelo es la vía que conduce a la comunidad de Zumbahuayco de la Parroquia Javier Loyola, Cantón Azogues.

A continuación, se presentan imágenes de la extracción de calicatas o muestras de suelo tomadas en la vía a estudiarse:

Imagen 1: Extracción de muestras de suelo



Fuente: Autor, 2020

Imagen 2: Extracción de muestras de suelo



Fuente: Autor, 2020

Los ensayos realizados a las muestras de suelo son los siguientes:

- Clasificación SUCS.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
 - Contenido de humedad (w).
 - Límite líquido.
 - Límite plástico.
 - Índice de plasticidad.
- Compactación – Proctor Modificado.
- CBR.
- Modelado de probetas de suelo cemento.
- Compresión simple de probetas de suelo cemento.

Los resultados de los ensayos son los siguientes:

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

Tabla 1: Resultados de ensayos de laboratorio de la subrasante natural. Norma: ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D2216

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LA SUBRASANTE							
ID MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS		LL	IP	CONT. HUMEDAD %	DMS (gr/cm ³)	CBR 0,1" (%)
M1	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	40,27	12,18	10,5	1,77	3,6
M2	CL	ARCILLA DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD	49,21	23,2	14,6	1,71	3,5

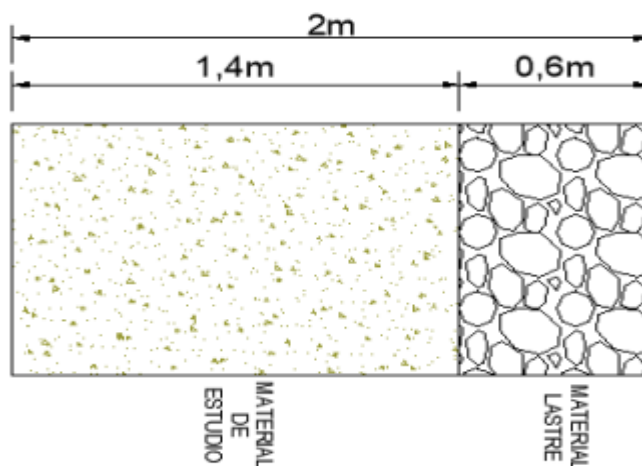
Fuente: Autor- GEATEC suelos y hormigones, 2020

Tabla 2: Resultados de ensayos de laboratorio del material de lastre existente en la vía. Norma: ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D2216

RESULTADOS DE ENSAYOS DEL LASTRE EXISTENTE EN LA VÍA						
ID MUESTRA	CLASIFICACIÓN SUCS		LL	IP	CONT. HUMEDAD %	DMS (gr/cm ³)
M1	GW	GRAVA BIEN GRADUADA CON PRESENCIA DE ARENAS Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	23,57	6,61	9,9	2,98
M2	SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	38,71	16,33	6,2	2,251

Fuente: Autor- GEATEC suelos y hormigones, 2020

Imagen 3: Estratigrafía del suelo de la vía en estudio



Fuente: Autor, 2020

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

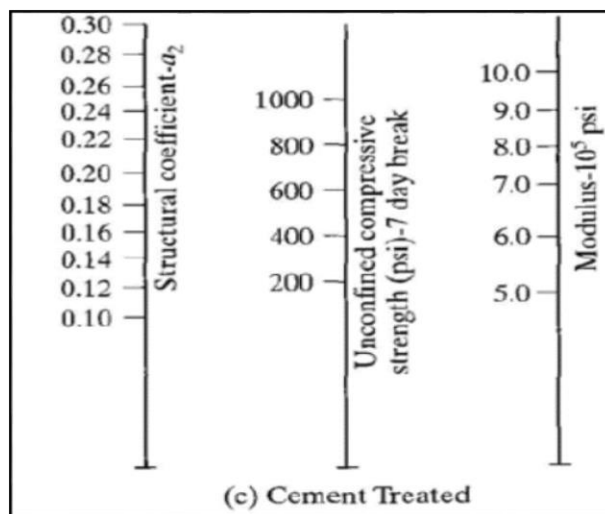
Tabla 3: Resultados de resistencia a compresión de probetas de suelo – cemento. Norma: ASTM C39

RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS SUELO CEMENTO						
ID MUESTRA	% CEMENTO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)	PROMEDIO DE RESISTENCIA (Mpa)
M1	4%	21/08/2020	28/08/2020	7	3,63	3,61
	4%	21/08/2020	28/08/2020	7	3,58	
	5%	21/08/2020	28/08/2020	7	3,72	3,88
	5%	21/08/2020	28/08/2020	7	4,04	
	6%	21/08/2020	28/08/2020	7	3,79	4,02
	6%	21/08/2020	28/08/2020	7	4,24	
M2	4%	24/08/2020	31/08/2020	7	1,41	1,25
	4%	24/08/2020	31/08/2020	7	1,09	
	5%	24/08/2020	31/08/2020	7	1,88	1,91
	5%	24/08/2020	31/08/2020	7	1,93	
	6%	24/08/2020	31/08/2020	7	2,06	2,15
	6%	24/08/2020	31/08/2020	7	2,23	

Fuente: Autor- GEATEC suelos y hormigones, 2020

Como puede verse en la Tabla 3, con un porcentaje de 6 % de cemento se obtiene una resistencia de 2.15 Mpa [300 psi], se asume 1.8 Mpa [256psi].

Imagen 4: Abaco para obtener el número estructural y le módulo resiliente



Fuente: AASHTO, 1993

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

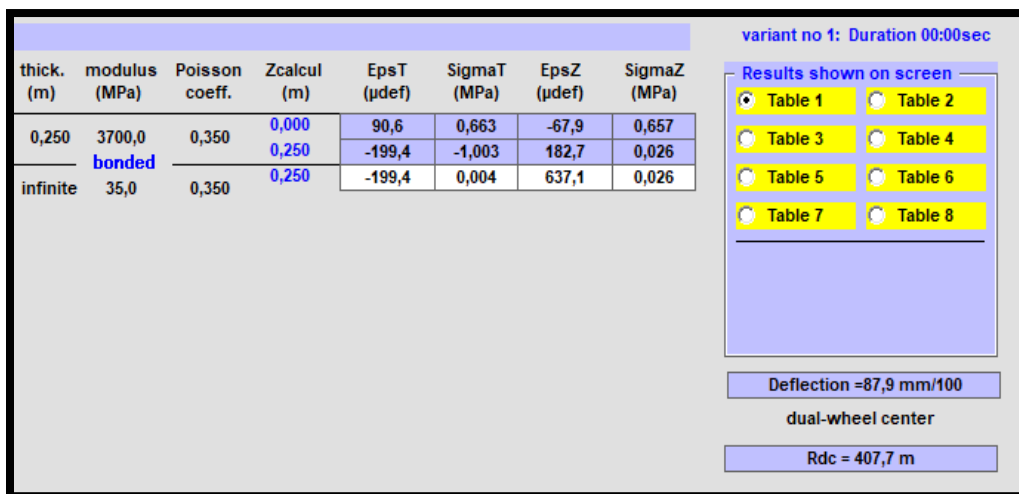
De la imagen 4 se deducen los datos de un Numero estructural de 0.14 y un Módulo Resiliente de 540 000 psi.

Verificación a Fatiga y Ahuellamiento

Capacidad a flexo-tracción de grava-cemento:

Para determinar si los espesores propuestos de grava-cemento son suficientes para soportar los esfuerzos de flexo-tracción, debe determinarse el módulo de rotura de la grava-cemento reducido por el consumo de fatiga de las repeticiones del eje estándar de 8.2 Ton.

Imagen 5: Análisis de deformación máxima por fatiga y ahuellamiento (5 años)



Fuente: Autor, 2020

La resistencia a la tracción de la grava-cemento se calcula de la siguiente manera:

$$f = 0.51 * (UC)^{0.88}$$

Donde:

f= resistencia a la flexión (psi)

UC=resistencia a la compresión simple (psi)

Se utiliza el valor de resistencia a la compresión simple (UC) determinado en el componente geotécnico de este proyecto (tabla 3) para base estabilizada con cemento, ($f^c=1.8$ MPa (6%)) como valor de diseño, se obtiene la resistencia a la flexotracción (M_r) de la grava-cemento:

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

$$Mr_{7\text{días}} = 0.855 \text{ MPa.}$$

Sin embargo, el diseño de materiales estabilizados con cemento mediante metodología racional usualmente se trabaja con valores de resistencia a 1 año. El crecimiento de resistencia a la tracción de 7 a 360 días es conservadoramente el 85% acorde a la experiencia obtenida en el Centro Técnico del Hormigón, por lo que el módulo de rotura de diseño propuesto para la estructura es:

$$Mr_{\text{año}} = 0.855 \times 1.85 = 1.583 \text{ MPa.}$$

Para el cálculo del esfuerzo de flexo tracción admisible se procede con el cálculo de consumo por fatiga como sigue:

$$\frac{\sigma}{Mr} = 1 - \frac{\log(N)}{a}$$

Donde:

N: número de repeticiones de ejes equivalentes (8.2 Ton) para la falla.

σ : Tensión producida en la fibra inferior de la capa de grava-cemento por carga de eje equivalente de 8.2 Ton.

Mr: Resistencia de ruptura por flexotracción.

a: El coeficiente de ajuste, 12 para Suelo Cemento y 15 para Grava Cemento.

Para el caso en estudio los valores son, periodo 5 años:

$$\frac{\sigma_{5\text{años}}}{Mr} = 1 - \frac{\log(90643)}{12}$$

El esfuerzo de flexotracción producido por las cargas estándar (8.2Ton) en la Suelo-Cemento para 5 años 0.901 MPa, mientras que la resistencia a flexotracción reducida por el daño de fatiga es 0.929 MPa, cumpliendo con el criterio de flexotracción admisible en la capa estabilizada.

Deformación vertical en subrasante

En el análisis se determinó que la deformación unitaria vertical ϵ_z producida por las cargas es de 182 millonésimas, mientras que la deformación unitaria admisible del suelo es 1614 millonésimas cumpliendo con el criterio por ahuellamiento en la subrasante.

ϵ_{zad} = deformación unitaria a comprensión admisible en la subrasante.

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
 Provincia del Cañar

$$\epsilon_{\text{zad}} = 0.028 \text{ (N8.2Ton)} - 0.25 \text{ 1000000 (millonésimas)}$$

$$\epsilon_{\text{zad}} = 0.028 \text{ (90643)} - 0.25 \text{ 1 000 000} = 1614 \mu$$

En conclusión, el diseño cumple con los requerimientos establecidos para su implementación por lo que se recomienda su aplicación.

Partiendo del prediseño obtenido por el método AASHTO, se han ajustado los espesores hasta que se cumplan con los límites de tensión y deformación admisibles el diseño comprobado se muestra en el siguiente resumen:

Tabla 4: Espesor de la capa a estabilizar

CAPA	ESPESOR DE SUELO ESTABILIZADO
	cm
SUELO CEMENTO	25.00

Fuente: Autor, 2020

La estabilización de la subrasante debe tener el 6% de cemento y resistencia a la compresión simple de al menos ($f'c=1.80$ MPa).

Cálculo de costos

Para el cálculo de los costos de cada tipo de mantenimiento vial se consideran los siguientes datos de la vía:

Tabla 5: Longitud y ancho de la vía

DATOS DE LA VÍA		
Vía que conduce a la comunidad de Zumbahuayco, Parroquia Javier Loyola, Cantón Azogues.		
Longitud de vía:	1000	m
Ancho de vía:	6	m

Fuente: Autor, 2020

Para los dos tipos de mantenimiento vial se considerarán las mismas dimensiones.

A continuación, se presentan los cuadros de costos de cada tipo de mantenimiento vial:

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
 Provincia del Cañar

Mantenimiento vial Periódico o Rutinario:

Tabla 6: Datos para el estudio de costo del mantenimiento vial periódico

DATOS DE LA VÍA		
Longitud de vía:	1000	m
Ancho de vía:	6	m
Espesor de capa de lastre:	0,1	m
Distancia desde la mina:	20	Km
Área de vía:	6000	m ²
Volumen de lastre a usar:	780	m ³

Fuente: Autor, 2020

Tabla 7: Costos del mantenimiento periódico

COSTO DE MANTENIMIENTO VIAL PERIÓDICO O RUTINARIO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Reconformación de vía	6000	m ²	\$ 0,38	\$ 2.275,56
Transporte de material de mejoramiento / Lastre	160	m ³ *Km	\$ 0,26	\$ 40,98
Tendido de material de mejoramiento / Lastre	780	m ³	\$ 5,60	\$ 4.367,42
Explotación de material de mejoramiento / Lastre	780	m ³	\$ 0,25	\$ 191,27
			TOTAL:	\$ 6.875,23

Fuente: Autor, 2020

Tabla 8: Costo del mantenimiento periódico por año

COSTO POR AÑO	
Mantenimientos al año	3
Costo total al año por Km	\$ 20.625,70

Fuente: Autor, 2020

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

Como podemos observar en los cuadros anteriores los costos del mantenimiento vial periódico o rutinario en las vías de lastre es de USD \$ 6.875.23 por cada kilómetro mantenido.

Por el tipo de suelo, el tráfico y la lluvia, las vías rurales necesitan de al menos 2 veces mantenimiento por año para que se encuentren siempre en condiciones optimas de funcionamiento.

Por lo que el costo de mantenimiento anual sería de USD \$ 13.750,46 por kilómetro.

Mantenimiento vial por medio de Estabilización suelo-cemento

Tabla 9: Datos para el estudio de costo del mantenimiento vial con estabilización suelo-cemento

DATOS DE LA VÍA		
Longitud de vía:	1000	m
Ancho de vía:	6	m
Espesor de capa estabilizada:	0,25	m
Distancia desde la planta de cemento:	200	Km
Área de vía:	6000	m ²
Volumen de cemento a usar:	202,5	Tn

Fuente: Autor, 2020

Tabla 10: Costos de mantenimiento con estabilización suelo-cemento

COSTO DE MANTENIMIENTO VIAL ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Reconformación de vía	6000	m ²	\$ 0,38	\$ 2.275,56
Estabilización suelo cemento e=25cm, f'c(7 días)=18Kg/cm ² , dosificación=135Kg/m ³ = 6%	6000	m ²	\$ 5,38	\$ 32.283,19
Transporte de cemento (distancia máxima 250Km)	40500	Tn*Km	\$ 0,1	\$ 3.663,23
			TOTAL:	\$ 38.221,98

Fuente: Autor, 2020

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar

Tabla 11: Costo del mantenimiento con estabilización suelo-cemento por año

COSTO POR 5 AÑOS	
Costo total por 5 años por Km	\$ 38.221,98
Costo total al año por Km	\$ 7.644,40

Fuente: Autor, 2020

Como podemos observar en los cuadros anteriores los costos del mantenimiento vial por medio de la estabilización suelo-cemento en las vías de lastre es de USD \$ 38.221.98 por cada kilómetro mantenido cada 5 años.

Como se demostró anteriormente en este artículo, con un 6% de cemento adicionado al suelo en una capa de espesor de 25cm se garantiza su funcionalidad por 5 años, por lo que el costo por año del mantenimiento por medio de la estabilización suelo-cemento es de USD \$ 7.644,40.

El siguiente cuadro presenta la diferencia de costos que se tiene entre el mantenimiento periódico y la estabilización suelo-cemento:

Tabla 12: Comparación de costos entre tipos de mantenimiento vial

COMPARACIÓN DE COSTO ENTRE MANTENIMIENTOS VIALES			
Tipo de mantenimiento	Costo por km	Costo por año	Costo a los 5 años
Mantenimiento Periódico o Rutinario	\$ 6.875,23	\$ 13.750,46	\$ 68.752,32
Mantenimiento Estabilización Suelo-Cemento	\$ 38.221,98	\$ 7.644,40	\$ 38.221,98
Diferencia de costo entre tipos de mantenimientos	\$ 30.530,34		
% de diferencia entre costos de mantenimientos	80%		

Fuente: Autor, 2020

Podemos observar que a largo plazo el mantenimiento periódico es un 80% más costoso que la estabilización suelo-cemento.

El cuadro comparativo se basa en la metodología presentada por (Razali & Che Malek, 2019).

Conclusiones

Se puede evidenciar que el suelo existente en las vías estabilizado con un 6% de cemento incrementa sus características mecánicas y con esto cumple las necesidades de flexotracción, ahuellamiento y resistencia a la compresión mínimas para cumplir los estándares que solicita la AASHTO, lo que claramente indica que a través de la estabilización suelo-cemento se incrementa de manera significativa las características mecánicas del suelo.

La comparación entre el costo del mantenimiento vial periódico y la estabilización suelo-cemento muestra de manera clara que, si analizamos en un periodo de 5 años, que es para el cual la mezcla del 6% de cemento en el suelo se encuentra diseñada podemos ver que el mantenimiento vial periódico es un 80% más costos que la estabilización suelo-cemento, es decir, para el periodo antes mencionado, el mantenimiento periódico costaría USD \$ 68.752,32 y el mantenimiento con estabilización suelo-cemento USD \$ 38.221,98.

Con lo antes mencionado la estabilización suelo-cemento puede ser considerado como el método más viable económica y técnicamente para el mantenimiento vial para carreteras rurales.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradezco a todos y cada uno de los instructores por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias

1. 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>
2. Basha, E. A., Hashim, R., Mahmud, H. B., & Muntohar, A. S. (2005). Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. *Construction and Building Materials*, 19(6), 448–453. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.08.001>

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

3. Biswal, D. R. (2020). Mechanical characteristics of cement stabilised granular lateritic soils for use as structural layer of pavement. *Road Materials And Pavement Desing*, 21(5), 1201–1223. <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1545687>
4. Cokca, E. (2001). Use of Class C Fly ashes for the Stabilization of an Expansive Soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(7)(July), 568–573. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
5. Congope. (2018). Plan Vial Cañar 2018 - 2035.
6. Congope. (2019). Plan Vial 2019.
7. Consoli, N. C., da Fonseca, A. V., Silva, S. R., Cruz, R. C., & Fonini, A. (2012). Parameters controlling stiffness and strength of artificially cemented soils. *Geotechnique*, 62(2), 177–183. <https://doi.org/10.1680/geot.8.P.084>
8. Danso, H., & Manu, D. (2020). Influence of coconut fibres and lime on the properties of soil-cement mortar. *Case Studies in Construction Materials*, 12, e00316. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00316>
9. Harianto, T., Marfu'ah, N., Rauf, I., & Leatemia, T. B. C. (2020). Experimental Study of Natural Materials Utilization as a Stabilization Agent on Soft Soil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012029>
10. Razali, R., & Che Malek, M. S. (2019). The usage of cement for soil stabilisation in construction of low volume roads in Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012006>
11. Rollings, R.S., Pete Burkes, J., Rollings, M. P. (1999). Sulfate attack on cement-stabilized sand. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(5), 364–372.
12. Sariosseiri, F., & Muhunthan, B. (2009). Effect of cement treatment on geotechnical properties of some Washington State soils. *Engineering Geology*, 104(1–2), 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.09.003>
13. Sharma, L. K., Sirdesai, N. N., Sharma, K. M., & Singh, T. N. (2018). Experimental study to examine the independent roles of lime and cement on the stabilization of a

Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la
Provincia del Cañar

- mountain soil: A comparative study. *Applied Clay Science*, 152(June), 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.012>
14. Shojaei Baghini, M., Ismail, A., Kheradmand, B., Hesam Hafezi, M., & Alezzi Almansob, R. (2013). The potentials of portland cement and bitumen emulsion mixture on soil stabilization in road base construction. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 65(2), 67–72. <https://doi.org/10.11113/jt.v65.2193>
 15. Tremblay, H., Duchesne, J., Locat, J., & Leroueil, S. (2002). Influence of the nature of organic compounds on fine soil stabilization with cement. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(3), 535–546. <https://doi.org/10.1139/t02-002>

2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).