



INCREMENTO DEL VALOR DE SOPORTE DEL SUELO ADICIONANDO ECO ESTABILIZANTE A PARTIR DE CENIZAS CASCARILLA DE CAFÉ ARÁBICA

Purificación Lisbet Olano¹, Marín Bardales Noé Humberto², Benites Chero Julio César³

¹ Estudiante de Ingeniería Civil.
Universidad César Vallejo



operezpl@ucvvirtual.edu.pe
Orcid 0000-0002-0133-0832

² Magister en Ingeniería Civil
con mención en estructuras,
Universidad César Vallejo
Orcid 0000-0003-3423-1731

³ Magister en Ingeniería Civil
con mención en gestión pública,
Universidad César Vallejo
Orcid 0000-0002-6482-0505

PALABRAS

Estabilización,
suelos
cohesivos, eco estabilizante,
propiedades, dosificación.

CLAVES:

suelos

RESUMEN

Los suelos cohesivos presentes en las trochas carrozables representan un problema importante, porque causan agrietamientos, fallas, inestabilidad, trayendo consigo gastos habituales en su mejoramiento, por ello se debe brindar una estabilización a esos suelos. La presente investigación tiene como objetivo de estudio, descubrir la dosificación para la estabilización de suelos cohesivos con la incorporación del eco estabilizante a partir de cenizas de cascarilla de café arábica (CCCA), donde el caso de estudio fue el suelo de la carretera las Guineas a Mañumal, Utcubamba. Esta investigación siguió el diseño experimental – cuantitativo, la técnica utilizada es la observación y la ficha de recolección de datos. Los resultados indican que este suelo es de resistencia baja de 4.7% con un CBR al 95%; el eco estabilizante tiene partículas gruesas, se incorporó el 10%, 15%, 20% y 25% de CCCA; la resistencia del suelo con eco estabilizante mejora de manera considerable y que con la dosificación del 15% se obtiene mejores resultados en todas las calitas, ya que con dosificaciones no mejora la resistencia en todas las muestras. Concluyendo que la dosificación ideal en con la incorporación del 15% de CCCA del peso de la muestra.

INCREASE OF THE SOIL SUPPORT VALUE ADDING ECO STABILIZER FROM ASHES, ARABIC COFFEE SHELL

KEY WORDS:

stabilization, cohesive soils,
eco stabilizer, dosage,
properties.

ABSTRACT

The cohesive soils present in the carriage trails represent an important problem, because they cause cracks, failures, instability, bringing with them habitual expenses in their improvement, for that reason a stabilization must be provided to these soils. The objective of this research study is to discover the dosage for the stabilization of cohesive soils with the incorporation of stabilizing eco from Arabica coffee husk ash (CCCA), where the case study was the soil of the Guineas highway. to Manumal, Utcubamba. This research followed the experimental - quantitative design, the technique used is observation and the data collection sheet. The results indicate that this soil has a low resistance of 4.7% with a CBR of 95%; the stabilizing echo has coarse particles, 10%, 15%, 20% and 25% of CCCA were incorporated; the resistance of the soil with stabilizing echo improves considerably and that with the dosage of 15% better results are obtained in all the coves, since with dosages the resistance does not improve in all the samples. Concluding that the ideal dosage in with the incorporation of 15% of CCCA of the weight of the sample.

Rec.: 03/08/2021

Acep.: 02/10/2021



INTRODUCCIÓN

Las trochas carrozables por lo general presentan resistencias muy bajas, por su suelo cohesivo. Indonesia está marcada por dos estaciones extremistas, de lluvia y sequía, donde el fallo de las estructuras es inevitable, ya que los suelos cohesivos presentan cambios volumétricos (Zaika & Suryo 2020, p.172). El clima afecta, de tal manera que cada vez sus propiedades se vuelven débiles (Arpitha et al. 2019, p.6728).

Las variaciones en estructuras civiles, son producto de la contracción y expansión del suelo. Este, no tiene estabilidad originando hundimientos, desmoronamientos en las carreteras (Jijo 2020, p.396). Por eso es conocido como el “cáncer de la ingeniería”, trayendo problemas a las trochas carrozables y pistas (Liu *et al.* 2019, p.1). Los deterioros producidos por este tipo de suelos, son más del doble que el de las inundaciones, huracanes, tornados y terremotos, juntos (Hussain 2019, p.251).

En nuestro país, (Martínez 2019) menciona que estos suelos tienen baja capacidad de soporte, alto índice de plasticidad, niveles elevados de permeabilidad, provocando cambios en su estado (p.14). La inestabilidad de las trochas, afecta a los transportistas, pobladores y medio ambiente, ya que requieren periódicamente de mantenimiento, reparación, generando gastos económicos y una contaminación habitual (Chinchay 2018, p.13). Se propone como alternativa de eco estabilizante a las cenizas de cascarilla de café arábica, la cascarilla o pergamino de café es la que envuelve al grano, y representa un 12% del grano de café. Constituye una fuente rica en celulosa, lignina, pentosanos, sílice, cenizas, etc. (Manals *et al.* 2018, p.171), tiene propiedades cementantes.

Como parte de la formulación del problema se planteó la pregunta: ¿Cuál es el incremento del valor soporte del suelo adicionando eco estabilizante a partir de cenizas de cascarilla de café arábica (CCCA) en la estabilización de suelos cohesivos? Cuya hipótesis tenemos: incrementara el valor soporte de suelo adicionando eco estabilizante a partir de (CCCA) en la estabilización de suelos cohesivos.

Esta investigación es importante porque opta por utilizar un eco estabilizante, contribuyendo al aumento de su resistencia, reducción costos de mantenimiento, acortando los tiempos de traslado en cualquier temporada, forjando una mejor economía y calidad de vida para los lugareños.

El objetivo principal del estudio consiste en descubrir la dosificación para la estabilización de suelos cohesivos con la incorporación del eco estabilizante a partir de CCCA, en la carretera Guineas a Mañumal. Por ello, se procedió a describir las propiedades geotécnicas y mecánicas del suelo cohesivo; identificar las características físicas de la CCCA para su incorporación con diferentes porcentajes; examinar las propiedades de resistencia del suelo cohesivo con la incorporación de CCCA y descubrir la dosificación para la estabilización del suelo cohesivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se empleó en esta investigación fue aplicada ya que se propone una alternativa para la estabilización de suelos cohesivos, dando así una solución a un problema común en las trochas carrozables.

El diseño de la investigación fue experimental – cuantitativo, en el cual recoge y examina datos para responder



cuestiones de investigaciones y comprobar la hipótesis.

El método que se utilizó fue experimental, debido a que se coloca el 10%, 15%, 20% y 25% de CCCA en el suelo cohesivo, y de determinaran sus propiedades físicas y mecánicas a través de ensayos de laboratorio.

Población: conformado por los estratos del suelo de la carretera Las Guineas a Mañumal km. 0+000 al km. 7+500, Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas, Perú.

Muestra de estudio: extracción de muestras representativas del suelo cohesivo de la carretera Las Guineas a Mañumal km.0+000 al km.7+500, bajo las consideraciones técnicas de la normativa ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) la cual dice que se debe realizar una calicata a cada 1km en trochas carrozables con un índice medio diario anual (IMDA) menor o igual a 200 vehículos por día (Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2013, p.31); sin embargo bajo los criterios de nosotros (los investigadores) se ha realizado una calicata cada 500m.

El muestreo: no probabilístico, por conveniencia el investigador propone la selección de la muestra de acuerdo a criterios que el argumenta (Hernández 2014, p.189).

Las técnicas utilizadas para esta investigación es la observación debido a que se examina las características que tiene el suelo en estado natural y el aumento de sus propiedades al adicionar el eco estabilizante, la ficha de recolección de datos ya que

recolectaremos los datos obtenidos en los ensayos de mecánica de suelos realizados en laboratorio, para luego compararlos y optar por la mejor dosificación.

Los instrumentos utilizados, están referidos al equipamiento que conforman los ensayos de laboratorio.

El procedimiento realizado fue: extracción del suelo in-situ mediante calicatas, estas muestras fueron correctamente recolectadas para ser llevadas a laboratorio dónde se determinaran las propiedades y características con las que cuenta la muestra en estudio, se utilizó la CCCA para estabilizar el suelo cohesivo, el cual evaluaremos de forma técnica al comparar el aumento de las propiedades de resistencia del suelo cohesivo al adicionarle este residuo en 10%, 15%, 20% y 25%, proponiendo así una dosificación ideal donde incremente de manera notable sus propiedades de resistencia y durabilidad.

RESULTADOS

Respecto a identificar las propiedades geotécnicas y mecánicas del suelo cohesivo natural, se encontró cuatro tipos de suelos según la clasificación U.S. Soil Taxonomy, donde el predominante con 6 calicatas es la arena francosa, franco arenoso, arcilla y arcilla arenosa. Referente a este resultado, (Mena & Mesena (2020) en su investigación determinó un suelo arcilloso (p.2978). También (Nandan 2020) en su trabajo encontró un suelo arcilloso (p.538). Estas investigaciones concuerdan parcialmente con esta investigación, ya que encontramos suelos finos, como son las arcillas.

Así mismo, en la Figura 1 muestra los datos de la resistencia del suelo a través del ensayo de CBR al 95% y 100%, dando como resultado que el suelo presenta una resistencia muy baja, ya que los valores oscilan entre 4.7% - 14.5%. Respecto a este resultado (Barragán & Cuervo 2019) en su trabajo ejecutaron diversos ensayos, para conocer que el suelo tiene un valor de 1% de CBR al 95% y 1.6% de CBR al 100% (tabla

8) (p.50). Luego los estudiosos, (Hasan *et al.* 2016) en su exploración determinaron que el suelo en estudio es expansivo crítico y cuenta con un CBR de 7.1% (p.1373). Estas investigaciones mencionadas guardan cierta relación con este trabajo, ya que ambos presentan resistencias, que están dentro de los rangos que se ha encontrado y que además necesitan ser mejoradas.

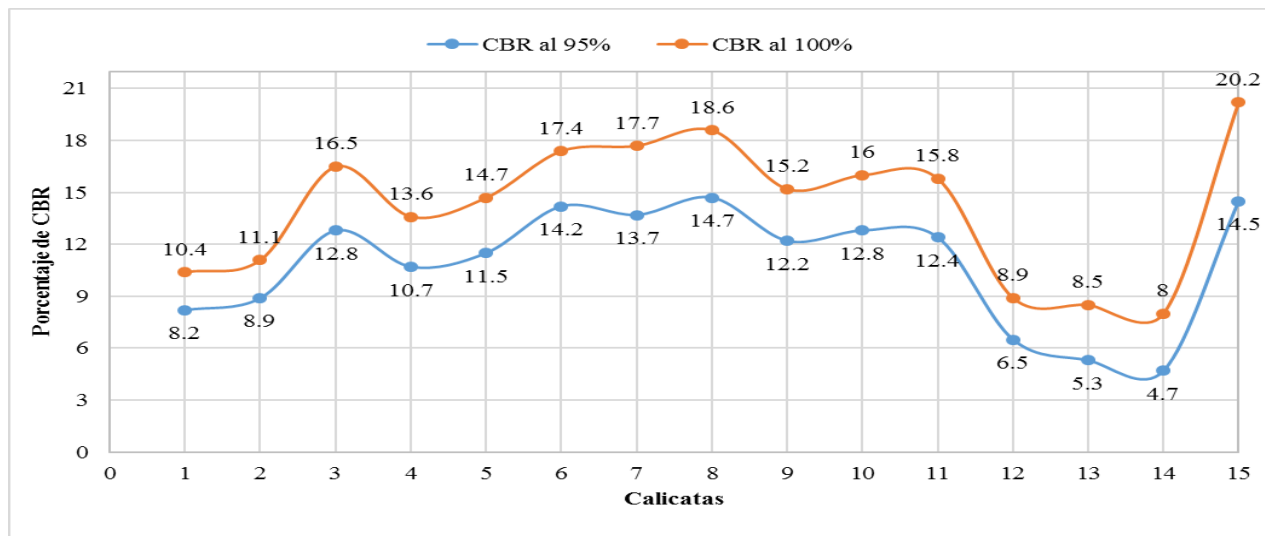


Figura 1. Las Guineas - Mañumal, CBR al 95% y 100%, según calicatas y porcentaje de CBR, marzo 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre identificar las características físicas de la CCCA para su incorporación con diferentes porcentajes, tiene partículas gruesas, un contenido de humedad de 3.7% y un peso específico de 1.079gr/cc. Los investigadores (Hernández & Herrera 2019) en su tabla 20, nos indica que la ceniza de cascarilla de café posee en su mayoría partículas gruesas puesto que más del 50% de sus partículas tienen un diámetro mayor de 0.075mm, no posee plasticidad y su gravedad específica es de 2.95 (p.20), con acuerdo de cierta manera con esta investigación, ya que menciona que es de partículas gruesas, sin embargo, no con acuerdo con el contenido de humedad y peso específico. Además, (Yavad *et al.*

2017) en su tabla 2, tienen como resultado que tanto las cenizas de cascarilla de arroz y de bagazo de caña, no poseen plasticidad, su óptimo contenido de humedad oscila entre 45.3% y 45.60%, y su densidad seca máxima entre 1.16 gr/cm³ y 1.18 gr/cm³ (p.256). Esta investigación no tiene relación con este trabajo, en cuanto a los ensayos realizados en laboratorio, porque, solo cuento con los datos de granulometría, contenido de humedad y peso específico.

Y para la aplicación de porcentajes de CCCA nos inclinamos por el 10%, 15%, 20% y 25%, frente a este resultado (Melat 2016) en su investigación cuenta con dos tipos de cenizas, una de bagazo de caña y la otra de madera; donde tiene por objetivo

evaluar cuál de los estabilizantes da mejores resultados, por ello, aplica 3%, 5%, 7% y 10% para la ceniza de bagazo de caña, en cambio para la ceniza de madera aplica 5%, 10%, 15% y 20% (p. 2). Por otra parte, (Kharade *et al.* 2020) en su artículo científico aplica 3%, 6%, 9% y 12% de ceniza de bagazo de caña, ya que cuenta con un suelo de algodón negro, este se caracteriza por sus minerales arcillosos (511). Estas dos investigaciones expuestas, concuerdan con la metodología de mi investigación debido a que proponen diferentes porcentajes de aplicación de cenizas, sin embargo, con la investigación de Meelat no coincide, ya que aplica cenizas de madera, y esta no es un residuo industrial, ni un producto agrícola.

Respecto a examinar las propiedades de resistencia del suelo cohesivo con la incorporación de CCCA, la Figura 2 muestra el aumento de las propiedades de resistencia de CBR al 95% de suelo al adicionales los diferentes porcentajes de CCCA respecto al suelo natural, al incorporarle 10% y 15% aumenta sus valores en todas las muestras, con el 20% y 25% algunas calicatas disminuyen su resistencia. Ante esto (Hernández & Herrera 2019), incorporaron 4%, 6% y 8% de este aditivo, realizaron el

ensayo de CBR al suelo con cada porcentaje indicado, en la tabla 27, se tiene 2.45%, 4% y 7.3% de CBR respectivamente de incorporación de ceniza de café, tiende a aumentar la resistencia mientras más porcentaje se incorpore, mejorando de esta manera el suelo (p.64). Dicho trabajo guarda cierta relación con nuestra investigación, ya que ha realizado los ensayos respectivos, de acuerdo a diversos porcentajes de ceniza de café, con respecto al CBR, en la Figura 2 muestra que en la mayoría de calicatas aumenta el porcentaje de CBR mientras más contenido de ceniza de café tenga, por ejemplo, la calita 12, tiene un CBR al 95% de 8.5%, 10.10%, 11.4% y 11.90% respectivamente, no obstante, esto no sucede con todas las calicatas. También, (Espinoza & Velásquez 2018) incorporaron cenizas de caña de azúcar, donde el CBR (Tabla 18), sucede lo mismo, ya que, con el 10% tiene un valor de CBR al 95% de 11.56%, con el 20% tiene un valor de 15.18% y con el 30% tiene un valor de 10.42%, la incorporación hasta el 20% según este estudio da resultados favorables, ya que aumenta la resistencia (p.74). La investigación expuesta guarda relación con mi trabajo, ya que muchas calicatas no guardan la relación de: mientras más aglomerante mayor resistencia

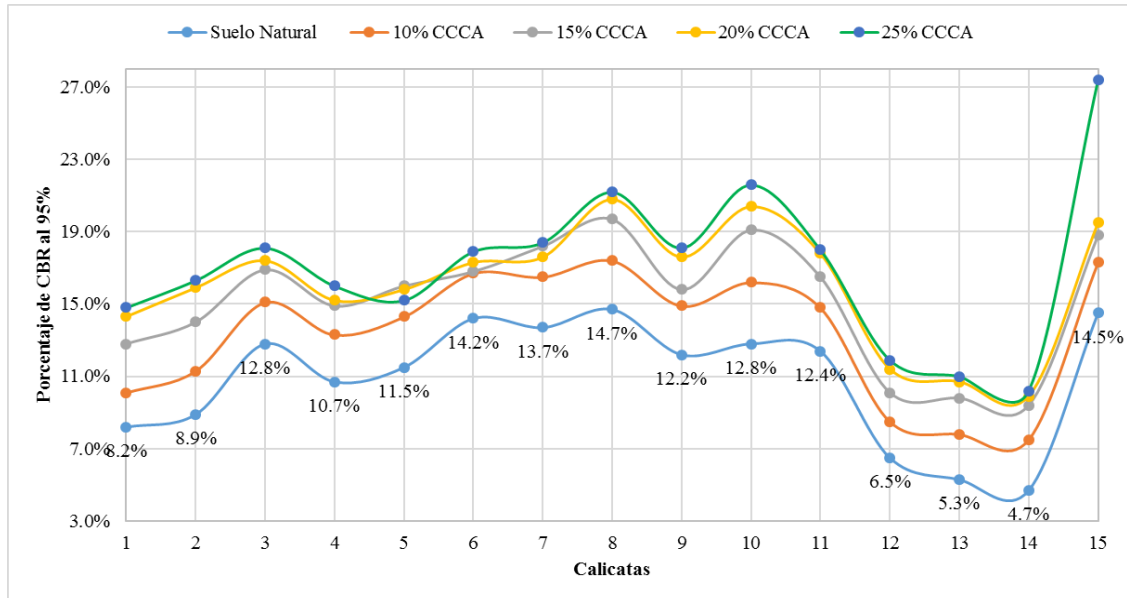


Figura 2. Las Guineas - Mañumal, CBR al 95% con la incorporación de 10%, 15%, 20% y 25%, según calicatas y porcentaje de CBR, marzo 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, sobre descubrir la dosificación para la estabilización del suelo cohesivo, en la Figura 3, mediante los resultados de CBR al 95% y 100%, se obtiene mejores valores de resistencia con la incorporación de 15% CCCA, de manera constante, es decir en todas las muestras se tiene una mejora de la resistencia del suelo. Frente a estos resultados (Maldonado & Sarrin 2018), en su tesis, usa el 5%, 10% y 15% de incorporación de ceniza de cáscara de arroz, donde los mejores resultados en cuanto a resistencia fueron obtenidos por la dosificación de 10% de ceniza de cáscara de arroz, ya que aumenta se obtiene un valor de CBR máximo de 15.20% (Grafico N°09), estabilizando el suelo (p.51). La investigación sustentada, no guardan

relación con esta investigación, ya que, no se obtiene el mismo porcentaje óptimo, los mejores resultados en cuanto a resistencia son con la dosificación de 15% esto lo muestro en la Figura 3, significando un aporte ecológico y un mejoramiento de trochas carrozables.

En cambio, (Terrones 2018) en su investigación, adhiere el 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar para estabilizar el suelo arcilloso – limoso, donde el 15% da mejores resultados teniendo un CBR mayores del 20% (p.109). Con nuestro trabajo de investigación concuerda, ya que con el mismo porcentaje de dosificación se logra los mejores resultados de resistencia.

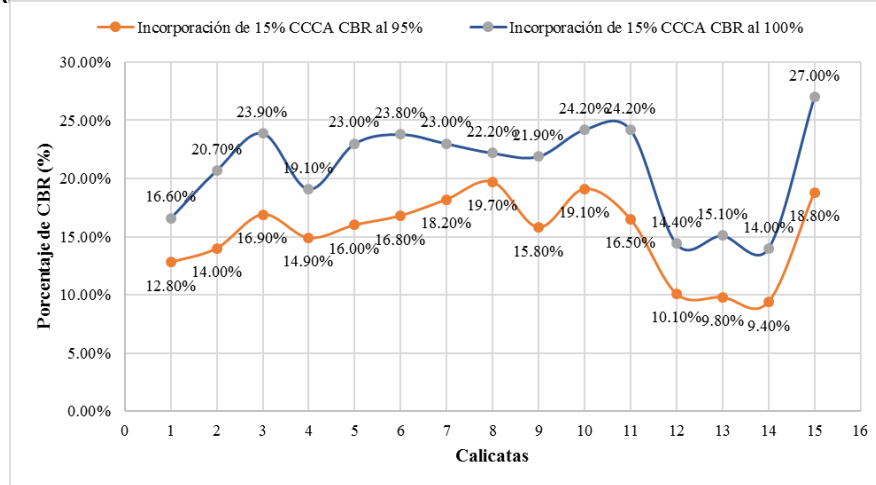


Figura 3. Las Guineas – Mañumal, Consolidado de Porcentajes de CBR 95% y 100%, según la mejor dosificación de incorporación de cenizas de cascarrilla de café arábica (15%), marzo 2021.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se concluye, con respecto a las propiedades mecánicas de suelo cohesivo, que es inestable por los cambios volumétricos causados por la presencia de agua y este corresponde a un suelo de grano fino como son: arena francosa, franco arenoso, arcillas y arcilla arenosa; además que tiene un CBR de 4.7%, considerado como deficiente para la ingeniería, según el MTC si su valor de $CBR \leq 6\%$ este requiere de una estabilización.

Sobre identificar las características físicas de la CCCA para su incorporación con diferentes porcentajes, se concluye, que su contenido de humedad es de 3.7%, por ello

no va a tener un impacto negativo en los cambios volumétricos del suelo al momento de adherirlo y su peso específico es 1.079 gr/cc. Contando con una incorporación de 10%, 15%, 20% y 25%.

Al examinar los resultados de CBR al 95%, se determinó que en la mayoría de calicatas la resistencia mejora consecuentemente de 17.40%, 19.7%, 20.8% y 27.40%, de acuerdo a las diferentes dosificaciones 10%, 15%, 20% y 25% respectivamente.

Se descubrió que la dosificación ideal es de 15% de incorporación de ceniza de cascarrilla de café arábica, la cual logra estabilizar el suelo cohesivo, con un valor de 19.70% de CBR al 95% y con 27% de CBR al 100%.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarnos sabiduría para poder realizar esta investigación, a la Universidad Cesar Vallejo, a su laboratorio por haber permitido que se realicen los respectivos estudios de mecánica de suelos y así cumplir con el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Arpitha et al. (2019). EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON EXPANSIVE SOIL STABILIZED USING BAGASSE ASH. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 8 (6), 6728-6733. DOI:10.15680/IJRSET.2019.0806032

Barragán C, Cuervo H. (2019). Análisis del comportamiento físico mecánico

de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno - arcilloso. (Tesis de título). Recuperada de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6488/AN%C3%81LISIS%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20FISICO-MECANICO%20DE%20LA%20ADICION%20DE%20CENIZA%20DE%20CASCARILLA%20DE%20ARROZ%20DE%20VARIEDAD%20BLANCO%20A%20UN%20SUELO%20ARENO%20ARCILLOSO%2010-10-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chinchay, L. (2018). Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo La Serma - Tambillo, Jaén, Cajamarca. (Tesis de título). Recuperada de <https://1library.co/document/y6ene8nz-influencia-aditivo-agente-estabilizador-suelos-carrozable->

Espinoza A, Velásquez J. (2018). Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, Distrito de Independencia. (Tesis de título). Recuperada de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26696>

Hasan et al. (2020). REMEDIACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO CENIZAS DE BAGAZO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS. Ingeniería de procedimientos, 143, 1368-1375. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.161>

Hernández A, Herrera M. (2019). Análisis de la relación de soporte y resistencia a la compresión de un suelo arcillo-limoso en la vereda de Liberia del Municipio de Viotá-Cundinamarca estabilizado con ceniza de cascarilla de café. (Tesis de título). Recuperada de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/521/

HERNÁNDEZ R, FERNANDEZ C, BAPTISTA L. (2014). Metodología de la investigación. ISBN: 978-1-4562-2396-0

Hussain, S. (2019). USE OF GYPSUM AND BAGASSE ASH FOR STABILIZATION OF LOW PLASTIC AND HIGH PLASTIC CLAY. Journal of Applied Research on Industrial Engineering. 6(3), 251-267. DOI:[10.22105/JARIE.2019.193339.1096](https://doi.org/10.22105/JARIE.2019.193339.1096)

Jijo, J. (2020). SUGARCANE PRESS MUD MODIFICATION OF EXPANSIVE SOIL STABILIZED AT OPTIMUM LIME CONTENT: STRENGTH, MINERALOGY AND MICROSTRUCTURAL INVESTIGATION. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 12(2), 395-402. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S16747755>

Kharade et al. (2014). WASTE PRODUCT "BAGASSE ASH" FROM SUGAR INDUSTRY CAN BE USED AS STABILIZING MATERIAL FOR EXPANSIVE SOILS. International Journal of Research in Engineering and Technology. 3, 506-512. <https://ijret.org/volumes/2014v03/i03/IJRET20140303094.pdf>

Liu et al. (2019). UTILIZATION OF CEMENTITIOUS MATERIAL FROM RESIDUAL RICE HUSK ASH AND LIME IN STABILIZATION OF EXPANSIVE SOIL. Hindawi. 2019, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2019/5205276>

Maldonado R, Sarrin D. (2018). Estabilización del suelo con fines de pavimentación del Valle San Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash. (Tesis de título). Recuperada de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30966>

Manals et al. (2018). CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA VEGETAL "CASCARILLA DE CAFÉ". Tecnología química. 38 (1), 169-181. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100013

Martínez, E. (2019). Estabilización de suelos cohesivos con aditivo

organosilanos a nivel de subrasante (Tesis de título).

Recuperada de https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1366/T037_42115949_T.pdf?sequence=1

Melat, N. (2016). Comparasion of wood ash and bagasse ash soil stabilization methods. (Tesis de maestría). Recuperada de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10861>

Mena, M., & Mesene, A. (2020). STRENGTH CHARACTERISTICS AND INDEX PROPIERTIES OF EXPANSIVE SOIL-BAGASSE ASH MIXTURES. Global Scientific Journals. 8(1), 2974-2983. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.803.331>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Nandan et al. (2020). ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ROJO MEDIANTE EL USO DE FIBRA DE COCO Y CENIZA DE CÁSCARA DE

ARROZ. Revista internacional de tecnología innovadora y exploración de ingeniería.9 (3), 535-540. DOI: [10.35940 / ijitee.B7633.019320](https://doi.org/10.35940/ijitee.B7633.019320)

Terrones, A. (2018). Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo. (Tesis de título). Recuperada de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971>

Yavad et al. (2017). STABILIZATION OF ALLUVIAL SOIL FOR SUBGRADE USING RICE HUSK ASH, SUGARCANE BAGAASSE ASH AND COW DUNG ASH FOR RURAL ROADS. International Journal of Pavement Research and Technology, 10 (3), 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>

Zaika, Y., & Suryo, E. (2020). THE DURABILITY OF LIME AND RICE HUSK ASH IMPROVED EXPANSIVE SOIL. International Jpurnal of Geomate. 18 (65), 171-178. <https://doi.org/10.21660/2020.65.5539>