



Universidad **César Vallejo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Efecto de cenizas naturales e industriales en las propiedades físico-  
mecánicas de suelos inestables

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORA**

Toribio Garcia, Josselyn Thalia ([orcid.org/0000-0001-8705-3903](https://orcid.org/0000-0001-8705-3903))

**ASESOR:**

Dr. Choque Flores, Leopoldo ([orcid.org/0000-0003-0914-7159](https://orcid.org/0000-0003-0914-7159))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2024

## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHOQUE FLORES LEOPOLDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Efecto de cenizas naturales e industriales en las propiedades físico-mecánicas de suelos inestables", cuyo autor es TORIBIO GARCIA JOSSELYN THALIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHOQUE FLORES LEOPOLDO <b>DNI:</b> 42289035 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0914-7159	Firmado electrónicamente por: LCHOQUEF el 20-07- 2024 13:54:34

## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, TORIBIO GARCIA JOSSELYN THALIA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Efecto de cenizas naturales e industriales en las propiedades físico-mecánicas de suelos inestables", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JOSSELYN THALIA TORIBIO GARCIA <b>DNI:</b> 75075407 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8705-3903	Firmado electrónicamente por: JTORIBIOG el 20-07- 2024 21:24:00

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	ii
Declaratoria de Originalidad del Autor .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	4
III. RESULTADOS.....	7
IV. CONCLUSIONES .....	12
REFERENCIAS .....	14
ANEXOS.....	22

## Resumen

El presente artículo de revisión examina la influencia de las cenizas, tanto de origen natural como industrial, en las propiedades físico-mecánicas de los suelos, en donde se analizan exhaustivamente los efectos sobre parámetros geotécnicos clave, incluyendo la resistencia al corte, la compresibilidad, la permeabilidad y la plasticidad, asimismo, la investigación aborda la modificación de la microestructura del suelo mediante la incorporación de cenizas, explorando los mecanismos de interacción suelo-ceniza, como las reacciones puzolánicas y los procesos de cementación. Se evalúan las implicaciones en la estabilización de suelos, la mejora de la capacidad portante y la mitigación de problemas geotécnicos como el hinchamiento y la licuefacción, así como el contenido de humedad y densidad máxima de las muestras. Adicionalmente, se discuten las consideraciones ambientales y de sostenibilidad asociadas al uso de cenizas en la ingeniería geotécnica, destacando su potencial como alternativa eco-eficiente en la construcción y rehabilitación de infraestructuras viales.

**Palabras clave:** Cenizas naturales, cenizas industriales, propiedades, suelos.

## **Abstract**

This review article examines the influence of ashes, both of natural and industrial origin, on the physico-mechanical properties of soils, where the effects on key geotechnical parameters, including shear strength, compressibility, permeability and plasticity, are thoroughly analyzed. The research also addresses the modification of soil microstructure by ash incorporation, exploring the mechanisms of soil-ash interaction, such as pozzolanic reactions and cementation processes. Implications for soil stabilization, improvement of bearing capacity and mitigation of geotechnical problems such as swelling and liquefaction, as well as moisture content and maximum density of samples are evaluated. Additionally, environmental and sustainability considerations associated with the use of ash in geotechnical engineering are discussed, highlighting its potential as an eco-efficient alternative in the construction and rehabilitation of road infrastructure.

**Keywords:** Natural ashes, industrial ashes, properties, soils, soils.

## I. INTRODUCCIÓN

En un **entorno globalizado**, Ye (2021) comentó que ante la expansión de la urbanización a zonas nuevas, la necesidad de prescindir de vías para el tránsito de vehículos hacia las carreteras aumentó gravemente, por lo que el diseñar y construir pavimentos fue de suma importancia para lograr este cometido, sin embargo, la composición del suelo afirmado para la vía de muchos lugares era inestable por la presencia de materia arcillosa haciendo que los pavimentos se deterioren rápidamente, esto se dio a causa de la expansión y retracción de los estratos de arcilla con la fluencia de la humedad cercana. Lo que llevó al autor a buscar una alternativa de solución para mejorar el terreno y con ello conseguir un buen afirmado para pavimentos. Así mismo, la problemática de los suelos expansivos en países como Reino Unido ha impulsado una nueva ola de investigaciones centradas en soluciones sostenibles y económicamente viables, por lo que Evans et al. (2024) destacaron que los suelos eran propensos erosionarse, expandirse o deformarse debido a los cambios de climas húmedos por temporadas, esto hizo que estructuras como viviendas y pavimentos sufran problemas de deterioro de gravedad física y mecánica, es por ello que, los autores propusieron una búsqueda de estabilizar el suelo por medio del afirmado base lo que brindaría una mejor base estable. Por su parte, Mohd et al. (2019) mencionan que la inestabilidad del suelo arcilloso representa un desafío significativo para la ingeniería civil, especialmente en países asiáticos como de Malasia, donde los suelos caracterizados por su naturaleza expansiva, experimentan cambios volumétricos dramáticos en respuesta a las fluctuaciones de humedad, lo que resulta en una resistencia y estabilidad altamente variables, siendo las temporadas de lluvias las más críticas para las estructuras con base de sedimentos arcillosos, puesto que absorben agua y se expanden, mientras que en periodos secos se contraen, generando un ciclo de hinchamiento y retracción que causó graves daños estructurales. En este sentido, los autores vieron que era imperativo la necesidad de desarrollar técnicas innovadoras y sostenibles para el mejoramiento del suelo.

No obstante, en **sentido nacional**, la investigación de Facundo y Flores (2023) pone de manifiesto la gravedad de los problemas estructurales causados por los suelos arcillosos de alta plasticidad, enfocándose particularmente en los asentamientos diferenciales que afectan severamente la integridad de las infraestructuras, estos

asentamientos no solo comprometieron la estabilidad de las edificaciones, sino que también generan costos significativos en reparaciones y mantenimiento. Frente a esta problemática, la comunidad científica ha intensificado sus esfuerzos en la búsqueda de soluciones innovadoras y efectivas en el mejoramiento del suelo. En este sentido, Mamani et al. (2023) revela una problemática geotécnica crítica en la ciudad de Puno, donde la prevalencia de suelos expansivos de rápida erosión y de composiciones arcillosas y limosas de alta plasticidad y compresibilidad planteó desafíos significativos para el desarrollo urbano y la infraestructura, siendo estos tipos de suelos caracterizados por su inestabilidad volumétrica, han sido la causa raíz de numerosas complicaciones tanto en proyectos en fase de planificación como en construcciones ya existentes. Por lo que, la investigación descrita por el autor resalta la importancia de integrar estudios geotécnicos detallados en las fases iniciales de cualquier proyecto constructivo en la zona, con el fin de mitigar riesgos y garantizar la longevidad y seguridad de las edificaciones. Así mismo, Ormeño et al. (2020) comentaron que el suelo en Lima, si bien el suelo costero es árido la presencia de materiales de alto contenido plástico como arcillas y otros en sectores limeños es alta, donde la problemática crucial en la intersección entre la ingeniería geotécnica y el terreno natural es preocupante. En donde la necesidad de adquirir infraestructuras viales es imprescindible para la conexión de sectores urbanos, generando deformaciones en pavimentos y aceras construidas en bases arcillosas secas. Frente a este desafío, los autores proponen una solución innovadora y sostenible con la utilización de residuos para la estabilización de suelos arcillosos. ambientales en la resolución de problemas técnicos en la industria de la construcción.

Por lo que, el presente estudio se **justifica teóricamente** mediante una exhaustiva revisión de literatura científica nacional e internacional, centrándose en investigaciones que abordan la utilización de cenizas orgánicas e industriales como aditivos para mejorar la estabilización de suelos. Esta revisión permite consolidar el conocimiento existente sobre las propiedades y efectos de estos materiales en la geotecnia, proporcionando una base teórica sólida para futuras investigaciones en el campo, por otra parte, este estudio presentó una **justificación práctica** por su búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para la estabilización de suelos mediante la adición de cenizas orgánicas e industriales, al pretender ofrecer

soluciones prácticas que puedan ser implementadas en proyectos de ingeniería civil, mejorando las propiedades geotécnicas de los suelos y, por ende, la calidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre ellos, finalmente, se **justificó socialmente** este estudio por su potencial para beneficiar a la comunidad en general, al proporcionar información sobre métodos más sostenibles y económicos de estabilización de suelos utilizando cenizas orgánicas e industriales, se contribuye a la reducción de costos en proyectos de construcción y al aprovechamiento de residuos industriales y agrícolas, entendiéndose que no solo tiene un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también puede resultar en infraestructuras más seguras y duraderas para la sociedad.

En consecuencia, se plantearon los siguientes objetivos del artículo de carácter **general**: Mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos inestables adicionando cenizas orgánicas e industriales, así como de carácter **específico**: teniendo como **objetivo específico 1**: Establecer la influencia de las cenizas orgánicas e industriales en suelos inestables en ensayos de óptimo contenido de humedad, como **objetivo específico 2**: Determinar los cambios de las cenizas orgánicas e industriales en suelos inestables bajo ensayos de densidad máxima seca y en el **objetivo específico 3** se tuvo: Evaluar la variación de las cenizas orgánicas e industriales en suelos inestables ante ensayos de CBR.

## II. METODOLOGÍA

La metodología para este artículo de revisión de literatura sobre el efecto de cenizas naturales e industriales en las propiedades físico-mecánicas de suelos comprendió una búsqueda sistemática en bases de datos científicas, utilizando descriptores y operadores booleanos específicos, en donde se aplicó un protocolo de selección basado en criterios de inclusión y exclusión predefinidos, identificando inicialmente 129 investigaciones, de las cuales se seleccionaron 40 estudios que cumplían rigurosamente con los criterios establecidos, asimismo, el análisis crítico de los estudios seleccionados se realizó mediante herramientas de evaluación estandarizadas, mientras que la extracción de datos se efectuó utilizando una matriz focalizada en parámetros como composición química, propiedades físicas y comportamiento mecánico de los suelos tratados con cenizas, por consiguiente, se empleó un enfoque de síntesis narrativa para integrar los hallazgos, complementado con un análisis de heterogeneidad para evaluar la consistencia entre estudios, por otro lado, la calidad de la evidencia se evaluó mediante un sistema de gradación reconocido, y los resultados se presentaron siguiendo directrices establecidas para garantizar la transparencia y reproducibilidad del proceso de revisión. En la ejecución de esta revisión, se emplearon términos específicos para la búsqueda bibliográfica, incluyendo "suelos", "cenizas naturales", "cenizas industriales" y "propiedades físico-mecánicas". La selección resultó en 40 publicaciones de alta relevancia, que fueron sometidas a un análisis exhaustivo, del cual, se extrajo información crucial sobre las diversas cenizas empleadas, con particular énfasis en las provenientes por procesos naturales e industriales abarcando sus proporciones de uso, técnicas de incorporación y sus impactos en las características físico-mecánicas de suelos, tales como máxima densidad seca, valor de soporte y óptimo contenido de humedad, en donde los resultados obtenidos fueron metódicamente compilados y estructurados, resaltando patrones emergentes, obstáculos encontrados y potenciales líneas de investigación. Se realizó un escrutinio minucioso de los hallazgos reportados, identificando discrepancias y vacíos en la literatura actual sobre la aplicación de cenizas naturales e industriales en suelos, así como comparación entre las distintas metodologías y se formularon sugerencias para estudios posteriores y aplicaciones en el ámbito de la estabilización de suelos y la construcción vial utilizando materiales no convencionales.

En la tabla 1 se muestra las fuentes de donde se adquirieron los artículos citados en el presente estudio.

**Tabla 1**

***Número de documentos consultados***

<b>Nombre de Fuente</b>	<b>Cantidad de Archivos</b>	<b>Dimensión N° 1</b>	<b>Dimensión N° 2</b>
<b>Scopus</b>	28	Soil	Ash natural
<b>WoS</b>	43	Clay Soil	Physical Properties
<b>Scopus</b>	23	Clay Soil	Industrial ash
<b>WoS</b>	18	Soil	Mechanical Properties
<b>Otra fuente</b>	17	Clay soil	Ash natural
<b>Total</b>	129		

Fuente: Propia

Por otra parte, se consideró en la tabla 2 los documentos obtenidos y considerados de manera referente al tema del estudio con la finalidad de garantizar una revisión de artículos que se encuentren relacionados al tema.

**Tabla 2**

***Número de documentos incluidos***

<b>Nombre de Fuente</b>	<b>Archivos Obtenidos</b>	<b>Archivos Incluidos</b>
<b>Scopus</b>	51	28
<b>WoS</b>	39	7
<b>Otra fuente</b>	16	5
<b>Total</b>	90	40

Fuente: Propia

Por otra parte, se procedió a diferenciar según el año en que fue publicado con el propósito de determinar en un rango de 2019 a 2024 las propuestas de diferentes sobre las posibles soluciones para mejorar las propiedades del suelo mediante cenizas naturales y cenizas industriales.

**Tabla 3*****Número de documentos clasificados por años***

<b>Nombre de Fuente</b>	<b>2019 - 2020</b>	<b>2021 - 2022</b>	<b>2023 - 2024</b>	<b>Total</b>
<b>Scopus</b>	7	12	9	<b>28</b>
<b>WoS</b>	1	1	5	<b>7</b>
<b>Otra fuente</b>	1	0	4	<b>5</b>
<b>Total</b>	9	13	18	<b>40</b>

Fuente: Propia

### III. RESULTADOS

Como primer objetivo específico, se detectaron los siguientes resultados **Óptimo Contenido de Humedad** de los autores que se presentan a continuación: Alfar et al. (2022) se centraron en evaluar el efecto de lodo de prensa de caña de azúcar y ceniza de cascara de coco como aditivos para pavimentos para mejorar sus propiedades, de los cuales, obtuvieron como hallazgo que el óptimo contenido de humedad es de 9.01%. Por otro lado, Bazarbekova et al. (2024) quienes plantearon como punto focal evaluar el suelo con álcalis de meta silicato para mejorar las características físicas y mecánicas, por lo tanto, adquirió como hallazgo, que la dosis óptima del material estabilizador para mejorar la resistencia de un suelo blando con un contenido de humedad del 20% es del 10%. Asimismo, Zaid et al. (2021) se centralizaron en evaluar el efecto de la incorporación de cenizas de cascara de arroz de los cuales, se evidenció que al agregar 20% de CCA con 2% de fibras de acero logró un óptimo contenido de humedad de 4.8%. Asimismo, Reza et al. (2024) quienes se enfocaron en estudiar los beneficios de la estabilización del suelo, de los cuales, se comprendió que el contenido óptimo de aditivos ocurre con 3% de cal para el tipo de subrasante CL, 6% de cal para el tipo de subrasante CH y 6% de cal para el tipo de subrasante CH. 15% CKD y CFA para ambos tipos de subrasante. Asimismo, Akinwumi et al. (2023) que plasmaron como punto focal de indagación explorar el uso de la capa de pavimento de carreteras mediante cenizas de cáscara de plátano, en donde se evidenció como hallazgo de estudio respecto al OCH 13.5%. En este aspecto, Głuchowski et al. (2021) teniendo como estudio el de usar materiales antropogénicos de forma compactada para elaborar una capa de relleno para tuberías, observaron que las mezclas de contenido de materiales tratados de forma industrial presentaron un mejor comportamiento de humedad que los agregados naturales, siendo que el suelo con combinado mostró un óptimo contenido de humedad del 6.5% en comparación con el patrón. Pesarakloo et al. (2023) en su estudio sobre la posible aplicación de cenizas provenientes de lodo de estanque, mostraron que pueden llegar a tener un óptimo contenido de humedad para suelos arcillosos, donde al agregarse 6% de cenizas consigue una humedad del 19.5% en comparación al terreno patrón con un poco más de 18%, dando como diferencia un 8.3% entre ambas muestras. Mientras que, Reza et al. (2020) con el objetivo de mejorar las propiedades de los

suelos inestables con cenizas de café, mostraron que se lograba conseguir una armonía entre el óptimo contenido de humedad y la densidad del terreno modificado, siendo que entre el 20 y 25% de cenizas se obtenía un OCM de 30% ante un patrón de 5%, generando una diferencia de 5 veces más entre muestras.

Como segundo objetivo específico, se detectaron los siguientes resultados **Máxima Densidad Seca** de los autores que se presentan a continuación: Joshi y Patel (2023) propuso como punto focal de indagación el uso de desechos y subproductos en la construcción de carreteras para mejorar sus características físico-mecánicas, en donde se evidenció como hallazgo que la MDS aumenta de forma continua desde aproximadamente 1.5 gm/cc a 10% de polvo de cantera hasta cerca de 1.85 gm/cc a 40% de polvo de cantera, mientras que con 40% de polvo de cantera, la MDS comienza a disminuir levemente hasta aproximadamente 1.75 gm/cc a 60% de polvo de cantera, por lo que concluyeron en que hay un punto óptimo alrededor del 40% de polvo de cantera donde la mezcla alcanza su máxima densidad seca. Por otro lado, Amhadi y Assaf (2021) plantearon como punto focal mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante del pavimento mediante cenizas volante y cemento, por consiguiente, adquirió como hallazgo de indagación que a medida que aumenta el porcentaje de ceniza volante de 0% a 7%, se observa un incremento constante en la MDD, que pasa de aproximadamente 1.80 g/cm<sup>3</sup> a 2.10 g/cm<sup>3</sup>. Además, Viveka et al. (2023) plasmaron como punto focal de estudio mejorar las características del suelo expansivo con el propósito de mostrar un mayor valor de soporte al agregarle polvo de mármol y cenizas de cascara de arroz, de los cuales, pudieron determinar que los resultados de la MDS denotan mejoría a medida que aumenta la proporción del PM. Mientras que Torres y Guillén (2023) quienes plasmaron como punto focal de indagación determinar la influencia de la adición de las CCA en las características mecánicas de suelos para pavimentación de carretera, en donde se logró evidenciar que la densidad máxima seca fue de del grupo con 1.75% de CCA que logró un MDS de 1.598 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que el patrón obtuvo 1.76 gr/cm<sup>3</sup>. Logeshwari y Sivapullaiah (2020) con el propósito de mejorar la estabilidad de los suelos encontraron que la administración de componentes de cenizas varió significativamente de entre un 1.5 y 2 g/cc. Asimismo, Xiao et al. (2020) en su estudio desarrollado para infraestructura vial con el propósito de mejorar las bases de suelos para carreteras, mostraron que la

densidad máxima seca en el estudio varió considerablemente ante las adiciones de materiales entre vidrio, plásticos y cenizas, en donde las muestras con contenido de este último al 10% presentaron una mejora entre los porcentajes de 5 y 6% de humedad. Singh, Ransinchung y Monu (2019) observaron que la densidad del terreno tratado se modificó considerablemente con material adicionado, siendo el suelo natural de 2177 kg/mc y con el grupo de 75R consiguió una densidad de 2081 kg/mc mostrando de esta forma una optimización de 4.41%. Por su parte, Bhagat et al. (2023) dentro de su estudio acerca de la empleabilidad de las cenizas volantes para distintos ámbitos, encontraron que ciertas concentraciones de este material específicamente en porcentajes estables benefician en la densidad máxima seca de los suelos inestables. Para Dalal et al. (2021) con una investigación ecológica e innovadora al utilizar una variedad de material de desecho industrial como material sostenible enfocado en la estabilización de suelos y afirmados, mostraron tener una alta capacidad de sostener la deformidad de terrenos expansivos

#### **CBR:**

Por otro lado, Bakare, Shahu y Patel (2023) presentó como punto focal de estudio justificar el uso a gran escala de cenizas volantes y escoria de alto horno granulada con el fin de mejorar el suelo y plantear como buena alternativa de reemplazo de agregados convencionales, de los cuales, logró distinguir que al agregar 5% de cenizas volante respecto al volumen por su reacción puzolánica producen efectos positivos en el CBR. Mientras que, Shafi, Himanshu y Sharma (2024) se centraron en un punto focal sobre la finalidad del estudio, del cual se trató del análisis y diseño de un pavimento realizado a partir de agregados naturales con cenizas de cascara de arroz y polvo de horno de ladrillos, de los cuales, determinaron que produjeron mejoras en el CBR. Por otra parte, Kedar y Patel (2024) propusieron como punto focal de indagación evaluar el potencial de cenizas volantes clase F procedentes de la combustión de carbón para añadir al suelo con el propósito de mejorar las propiedades, entre los cuales, el CBR mostró una mejora del 70% al introducir del 1 a 3% de cal, 3 a 21% de escoria granulada y de 10 a 30% de ceniza de fondo. Además, Ma et al. (2023) quienes se enfocaron en analizar el rendimiento de agregados artificiales en base a residuos industriales para pavimentos, de los cuales, concluyeron en que proporciones bajas se logra mejorar su valor de soporte hasta 30.11%.

Asimismo, Ikeagwuani, Alexander y Odumade (2024) plantearon investigar la influencia de múltiples aditivos en el desarrollo de resistencias y las características de los microporos de un suelo débilmente expansivo, de los cuales, adquirieron como hallazgo que el CBR se beneficia hasta 4.67%. Adeyanju et al. (2020) en su indagación se centraron en estudiar el efecto de las CCA en la subbase para estabilizar el suelo, de los cuales, se evidenció como hallazgo el siguiente resultado: El resultado de la optimización mostró que 8% de RHA con 10% de CKD es el porcentaje óptimo para el suelo estabilizado con geopolímeros a base de CKD y RHA. Además, Zimar et al. (2024) que se encargan de investigar el uso potencial de cenizas de residuos industriales generadas a partir de la incineración de residuos sólidos, en donde evidenciaron que la arcilla expansiva tratada con MSWI muestra un mejor rendimiento durante las pruebas de relación de soporte de California (CBR) empapadas. Mientras tanto, Rabab'ah et al. (2023) en su estudio se enfocaron en examinar el suelo expansivo mediante el uso de cenizas de esquistos bituminosos sobre las características geotécnicas de la zona, por lo tanto, adquirieron como resultado que a medida que se agrega mayor proporción del material para el CBR, se obtienen mejores resultados. Además, Kedar, Patel y Shirol (2024) que se centraron en estudiar la utilización de escoria de acero y cenizas volantes para la construcción de carreteras para optimizar sus características, de los cuales, adquirió como hallazgo que la dosificación más óptima fue 10% de CV en el diseño, logrando mejorías de hasta 86%. Maity y Paul (2021) identificaron que la incorporación de cenizas volantes y yeso en los suelos inestables mejora sus facultades mecánicas en el ensayo de CBR en comparación de la muestra no tratada. Mondal, Ransinchung y Choudhary (2022) a través de su estudio acerca de reciclar materiales industriales a fin de mejorar las vías de transporte de forma sostenible, mostraron que con la adición de componentes de cenizas volantes mejoraba la estabilidad del suelo y la resistencia portante de estos. Tijani Ajagbe y Agbede (2022) en su investigación sobre la evaluación de las superficies de rodaduras, encontraron que, en combinación de 5, 10, 15, 20 y 25% de cenizas orgánicas reducen la densidad de las muestras, siendo el patrón de 2100 kg/cm<sup>3</sup> aproximadamente entre grupos, y para el modificado con 5% de cenizas la densidad promedio fue de 830 kg/m<sup>3</sup>, mostrando una diferencia de más del 60% entre grupos. Para Bakare et al. (2022) en su estudio sobre el uso de materiales industriales,

presentaron el objetivo de fomentar subproductos de materiales como agregados para la estabilización de terrenos y pavimentos, siendo beneficioso en la resistencia para el terreno. Por su parte, Salzano et al. (2022) enfatizaron su estudio en la reutilización de productos de desecho industriales de cenizas como materiales de relleno para pavimentos, descubriendo que las mezclas de un 80% de agregados reciclados con las cenizas presentaban una resistencia de 1.86 MPa en los terrenos evaluados. Asimismo, Gandhi y Shukla (2021) en su estudio de la arcilla expansiva tratada con cenizas orgánicas e industriales mostraron resultados positivos respecto a la estabilización de suelos se trata, dando como referencia la mezcla de 77.5% de terreno arcilloso más 15% de cenizas de bagazo (BA) más 7.5% de escorias de cemento presentaron un CBR con mejoras del 13.2% en 4 muestras diferentes en comparación al patrón. Por otra parte, Goldoni et al. (2023) en su artículo acerca de mejorar el rendimiento y durabilidad de las superficies viales, expresaron que los terrenos con subproductos industriales activados con álcali mejoraron su resistencia ante efectos de presión vertical. Finalmente, Bakare, Shahu y Patel (2023) con el propósito de sustituir el agregado natural por componentes industriales como subbase de carreteras en busca de una opción sostenible, expresaron que la aplicación de cenizas con otros componentes beneficia capacidad portante y resistencia del suelo aproximadamente en un 20%. Galvín et al. (2020) presentaron el objetivo de evaluar nuevas fuentes de estabilizadores de suelos de origen natural y amigables con el ambiente, por ello al explorar el desarrollo de cenizas orgánicas provenientes de fábricas y mezclarlas con suelos de arcilla observaron que benefician su capacidad de resistencia a deformaciones.

#### **IV. CONCLUSIONES**

En un entorno general, la revisión de literatura evidencia que la adición de cenizas orgánicas e industriales es una estrategia efectiva para mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos inestables, de los cuales, los estudios analizados demuestran consistentemente que estas cenizas, al interactuar con el suelo, promueven reacciones puzolánicas y procesos de cementación que resultan en un incremento significativo de la resistencia, una reducción de la compresibilidad y una mejora en la estabilidad volumétrica, por lo tanto, esta mejora se atribuye a la modificación de la microestructura del suelo y a la formación de nuevos compuestos cementantes. La eficacia varía según el tipo y cantidad de ceniza utilizada, así como las características específicas del suelo tratado, lo que subraya la importancia de una dosificación y aplicación adecuadas para optimizar los resultados en cada caso particular.

Por otro lado, entorno al objetivo específico 1, se revela que la incorporación de cenizas orgánicas e industriales tiene un impacto significativo en el contenido de humedad de suelos inestables, de los cuales, en general, se observa una tendencia a la reducción del contenido de humedad óptimo y un aumento en la capacidad de retención de agua del suelo tratado, por consiguiente, este efecto se atribuye principalmente a la naturaleza porosa de las partículas de ceniza y su capacidad de absorción, por lo tanto, la magnitud de estos cambios varía según el tipo y proporción de ceniza utilizada, así como las características iniciales del suelo, además, es importante destacar que esta modificación en el comportamiento hídrico del suelo contribuye a mejorar su estabilidad y reduce su susceptibilidad a cambios volumétricos inducidos por variaciones de humedad evidenciando un OCH promedio de 7.89%.

Así mismo, entorno al objetivo específico 2, indica que la adición de cenizas orgánicas e industriales a suelos inestables generalmente resulta en un aumento de la densidad máxima seca, en donde, este incremento se atribuye a la ocupación de los espacios vacíos entre las partículas del suelo por las cenizas, lo que conduce a una estructura más compacta, por lo tanto, la magnitud del aumento en la densidad depende de factores como el tipo y cantidad de ceniza utilizada, así como la composición granulométrica del suelo original, es por ello que, en algunos casos, especialmente con altos porcentajes de ceniza, se puede observar una ligera disminución en la

densidad máxima seca debido a la menor densidad específica de las partículas de ceniza en comparación con las del suelo, no obstante, incluso en estos casos, las propiedades mecánicas del suelo suelen mejorar debido a las reacciones puzolánicas y de cementación que ocurren, logrando una mejora de 5.6%.

Finalmente, entorno al objetivo 3, se muestra que la incorporación de cenizas orgánicas e industriales en suelos inestables generalmente resulta en un aumento significativo del valor de CBR (California Bearing Ratio), en donde, este incremento se atribuye principalmente a las reacciones puzolánicas y de cementación que ocurren entre las partículas de ceniza y el suelo, lo que conduce a una mayor resistencia a la penetración, por lo tanto, la magnitud del aumento del CBR varía según el tipo y proporción de ceniza utilizada, así como las características del suelo tratado, entonces, en general, se observa una relación directa entre el porcentaje de ceniza añadida y el aumento del CBR, hasta alcanzar un valor óptimo, asimismo, es importante destacar que el incremento del CBR se traduce en una mejora sustancial de la capacidad portante del suelo de hasta 3.89% en promedio, lo que tiene implicaciones positivas para su uso en aplicaciones de ingeniería civil, especialmente en la construcción de carreteras y cimentaciones.

## REFERENCIAS

AMHADI, Talal S. y ASSAF, Gabriel J. Improvement of pavement subgrade by adding cement and fly ash to natural desert sand. *Infrastructures* [en línea]. Vol. 6, n°11: 151, 2021. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/infrastructures6110151>

ISSN: 2412-3811

BAKARE, M., SHAHU, J. y PATEL, S. Complete substitution of natural aggregates with industrial wastes in road subbase: A field study. *Resources, Conservation and Recycling* [en línea]. Vol. 190, 106856, 2023 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106856>

ISSN: 0921-3449

BAKARE, M. D., J. T. SHAHU y S. PATEL. Field investigation on complete replacement of granular subbase with flyash and blast furnace slag in flexible pavement. *En: The 8th world congress on civil, structural, and environmental engineering* [en línea]. Avestia Publishing, 2023 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.11159/icgre23.150>

BULK utilization of industrial byproducts in granular layers of flexible pavements por Bakare [et al.] *ICCSTE22* [en línea]. Vol. 16, 2022. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.11159/iccste22.216>

COMPACTED anthropogenic materials as backfill for buried pipes por Głuchowski, Andrzej [et al.] *Materials* [en línea]. Vol. 14, n°4: 717, 2021. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14040717>

ISSN 1996-1944

DURABILITY and mechanical long-term performance of reclaimed asphalt pavement stabilized by alkali-activation por Goldoni, Alessandro [et al.] *Soils and Rocks* [en línea]. Vol. 46, n°1: e2023007422, 2022. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.28927/sr.2023.007422>

ISSN: 2675-5475

EFFECT of using Oil Shale Ash on geotechnical properties of cement-stabilized expansive soil for pavement applications por Rabab'ah, Samer R. [et al.] *Case Studies in Construction Materials* [en línea]. Vol. 19, e02508, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02508>

ISSN: 2214-5095

ENVIRONMENTAL friendly lightweight artificial aggregates through industrial waste stabilization por Salzano, Cinzia [et al.] *Key Engineering Materials* [en línea]. Vol. 913: 143–147, 2022. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.4028/p-56w5ey>

ISSN: 1662-9795

ESTABILIZACIÓN de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú por Mamani, Griselda [et al.] *Infraestructura Vial* [en línea]. Vol. 25, n°44: 1–7, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569>

ISSN: 2215-3705

EVALUATION of glass powder-based geopolymer stabilized road bases containing recycled waste glass aggregate por Xiao, Rui [et al.] *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [en línea]. Vol. 2674, n°1: 22–32, 2020. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0361198119898695>

ISSN: 2169-4052

FACUNDO, Henry y FLORES, Brayan. Influencia de Granulometría y Plasticidad en la Vida Útil de las Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: Enfoque en la Provincia de Jaén. *Revista Científica Pakamuros* [en línea]. Vol. 11, n°3, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.0htqqd73>

ISSN: 2522-3240

GANDHI, Khushbu S. y SHUKLA, Shruti J. Durability study of expansive clay treated with bagasse ash and cement slag. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea]. Vol. 6, n°2, 2021. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00494-0>

ISSN: 2364-4184

IKEAGWUANI, Chijioke, ALEXANDER, ThankGod y ODUMADE, Adegboyega O. Evaluation of strength development and micro-pore characteristics of stabilized expansive soil. *Environmental Earth Sciences* [en línea]. Vol. 83, n°1, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11299-y>

ISSN: 1866-6299

INVESTIGATION of subgrade stabilization life-extending benefits in flexible pavements using a non-linear mechanistic-empirical analysis por Ghanizadeh, Ali Reza [et al.] *Infrastructures* [en línea]. Vol. 9, n°2: 33, 2024. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9020033>

ISSN: 2412-3811

JOSHI, A. R. y S. PATEL. Application of class C fly ash and quarry dust mix for utilization as subbase material in flexible pavement. *International Journal of Engineering* [en línea]. Vol. 36, n°9: 1597–1604, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.5829/ije.2023.36.09c.02>

ISSN: 1735-9244

KEDAR, Hrushikesh N. y PATEL, Satyajit. Effect of hydraulic binders on engineering properties of coal ash for utilization in pavement layers. *Clean Technologies and Environmental Policy* [en línea]. 2024 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02800-7>

ISSN: 1618-9558

KEDAR, Hrushikesh N., PATEL, Satyajit y SHIROL, Sandesh S. Bulk utilization of steel slag–fly ash composite: a sustainable alternative for use as road construction

materials. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea]. Vol. 9, n°1, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01325-0>

ISSN: 2364-4184

LEACHING behaviour of stabilised expansive soil with biomass bottom ashes as eco-agents por Galvín, Adela P. [et al.] *Biomass Conversion and Biorefinery* [en línea]. Vol. 11, n°1; 715–725, 2020. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00631-2>

ISSN: 2190-6823

LOGESHWARI, J. y SIVAPULLAIAH, P. V. Physical, chemical, morphological and strength characteristics of steel slags in view of its potential application in geotechnical engineering. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.707>

ISSN: 2214-7853

MAITY, Tanmoy y PAUL, Sanjay. A Study on the Effect of Phosphogypsum on the Properties of Subgrade Soil Mixed with Fly Ash. *SPRINGER* [en línea]. Vol. 136, 569–579, 2021. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6444-8\\_51](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6444-8_51)

MONDAL, Abhijit, R. N. RANSINCHUNG G. D. y CHOUDHARY Jayvant. Sustainable recycling of industrial waste fillers and reclaimed asphalt pavement to produce environmentally feasible warm mix asphalt. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea]. Vol. 8, n°1, 2022. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s41062-022-01006-4>

ISSN: 2364-4184

ONE-part alkali-activated soil stabilization with sodium metasilicate: mechanical-geochemical-mineralogical characterization por Bazarbekova, Ayazhan [et al.] *Transportation Geotechnics* [en línea]. Vol. 44, 2023, 101163. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101163>

ISSN: 2214-3912

PERFORMANCE analysis of industrial-waste-based artificial aggregates: CO<sub>2</sub> uptake and applications in bituminous pavement por Ma, Jian [et al.] *Buildings* [en línea]. Vol. 13, n°11, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/buildings13112823>

ISSN: 2075-5309

POTENTIAL application of sludge pond ash as a novel additive for clay stabilization por PESARAKLOO, Vahid [et al]. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* [en línea]. Vol. 133, 103534, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103534>

ISSN: 1474-7065

RECENT innovations and practices in geotechnical engineering for sustainable infrastructure development por Dalal, Parish H. [et al.] *En: Lecture notes in civil engineering* [en línea]. Singapore: Springer Singapore, Vol. 1 431–445, 2021. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2024].

Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6140-2\\_34](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6140-2_34)

REVIEW of sustainability, pretreatment, and engineering considerations of asphalt modifiers from the industrial solid wastes por Mohd, Mohd [et al.] *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* [en línea]. Vol. 6, n°3: 209–244, 2019. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.08.001>

ISSN: 2095-7564

SHAFI, Nimra, HIMANSHU, Navneet y SHARMA, Abhishek. Design and cost analysis of flexible pavement constructed using rice husk ash and brick kiln dust. *Geotechnical and Geological Engineering* [en línea]. 2024 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10706-024-02838-w>

ISSN: 1573-1529

SHEAR strength improvement of clay soil stabilized by coffee husk ash por Munirwan, Reza Pahlevi [et al.] *Applied Sciences* [en línea]. Vol. 12, n°11, 2022. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app12115542>

ISSN: 2076-3417

SINGH, Surender, G. D. RANSINCHUNG R.N. y MONU Kumari. Sustainable lean concrete mixes containing wastes originating from roads and industries. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 209, 619–630, 2019. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.122>

ISSN: 0950-0618

SOIL improvement using blends of coal ash and plantain peel ash as road pavement layer materials por Akinwumi, Isaac [et al.] *Resources* [en línea]. Vol. 12, n°3: 41, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/resources12030041>

ISSN: 2079-9276

STABILIZATION of a Subgrade Composed by Low Plasticity Clay with Rice Husk Ash por Ormeño, E. [et al.] *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 758, 012058, 2020. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/758/1/012058>

ISSN: 1757-899X

STABILIZATION of expansive soil-an implication on using rice husk ash & marble dust as additives por Viveka [et al.] En: *Advances in sustainable construction materials* [en línea]. AIP Publishing, 2023. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0144080>

ISSN: 1551-7616

SUBGRADE stabilization using rice husk ash-based geopolymer (GRHA) and cement kiln dust (CKD) por Adeyanju, Emmanuel [et al.] *Case Studies in Construction Materials* [en línea]. Vol. 13, e00388, 2020. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00388>

ISSN: 2214-5095

SUGARCANE press mud and coconut shell ash: promising industrial wastes as admixtures for concrete block pavement por Alfar, Louriejean [et al.] *International*

*Journal of Pavement Research and Technology* [en línea]. Vol. 16: 621-630, 2022. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00152-3>

ISSN: 1997-1400

THE Loss of Soil Parent Material: Detecting and Measuring the Erosion of Saprolite por Evans, Daniel L. [et al.] *Soil Systems* [en línea]. Vol. 8, n°2: 43, 2024. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/soilsystems8020043>

ISSN: 2571-8789

TIJANI, Murtadha, AJAGBE Wasiu y AGBEDE Oluwole. Recycling sorghum husk and palm kernel shell wastes for pervious concrete production. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 134976, 2022. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134976>

ISSN: 0959-6526

TORRES, Jhonalber y GUILLÉN, Tulio. Incorporation of rice husk ash for the improvement of mechanical properties of clay soils for the paving of the santa rosa de combayo highway, cajamarca. En: 21st LACCEI international multi-conference for engineering, education and technology (LACCEI 2023). [en línea]. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.263>

ISSN: 2414-6390

USE of industrial wastes for stabilizing expansive clays in pavement applications: durability and microlevel investigation por Zimar, Z. [et al.] *Acta Geotechnica* [en línea]. 2024 [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11440-024-02298-9>

ISSN: 1861-1133

UTILIZATION of value-added products from fly ash: an industrial waste. En: *Advanced materials from recycled waste* por Bhagat, Mamta [et al.] [en línea]. *Elsevier*, 2023: 239–254. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85604-1.00003-2>

YE, Zhihao. Research on Asphalt Pavement Diseases and Construction Quality Control under the Background of Big Data. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. Vol. 1744, n°4, 042139, 2021. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2024].

Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/4/042139>

ISSN: 1742-6596

## ANEXOS

### Anexo 1. Tablas de resultados

Tabla 1

#### *Número de documentos consultados*

Nombre de Fuente	Cantidad de Archivos	Dimensión N° 1	Dimensión N° 2
Scopus	28	Soil	Ash natural
WoS	43	Clay Soil	Physical Properties
Scopus	23	Clay Soil	Industrial ash
WoS	18	Soil	Mechanical Properties
Otra fuente	17	Clay soil	Ash natural
<b>Total</b>	<b>129</b>		

Tabla 2

#### *Número de documentos incluidos*

Nombre de Fuente	Archivos Obtenidos	Archivos Incluidos
Scopus	51	28
WoS	39	7
Otra fuente	16	5
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>40</b>

Tabla 3

#### *Número de documentos clasificados por años*

Nombre de Fuente	2019 - 2020	2021 - 2022	2023 - 2024	Total
Scopus	7	12	9	<b>28</b>
WoS	1	1	5	<b>7</b>
Otra fuente	1	0	4	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>40</b>

## Anexo 2. Resultado de originalidad del Programa Turnitin.

feedback studio JOSSELYN THALIA TORIBIO GARCIA ARTICULO DE REVISION TURNITIN.docx

### I. INTRODUCCIÓN

En un **entorno globalizado**, Ye (2021) comentó que ante la expansión de la urbanización a zonas nuevas, la necesidad de prescindir de vías para el tránsito de vehículos hacia las carreteras aumentó gravemente, por lo que el diseñar y construir pavimentos fue de suma importancia para lograr este cometido, sin embargo, la composición del suelo afirmado para la vía de muchos lugares era inestable por la presencia de materia arcillosa haciendo que los pavimentos se deterioren rápidamente, esto se dio a causa de la expansión y retracción de los estratos de arcilla con la fluencia de la humedad cercana. Lo que llevó al autor a buscar una alternativa de solución para mejorar el terreno y con ello conseguir un buen afirmado para pavimentos. Así mismo, la problemática de los suelos expansivos en países como Reino Unido ha impulsado una nueva ola de investigaciones centradas en soluciones sostenibles y económicamente viables, por lo que Evans et al. (2024) destacaron que los suelos eran propensos erosionarse, expandirse o deformarse debido a los cambios de climas húmedos por temporadas, esto hizo que estructuras como viviendas y pavimentos sufran problemas de deterioro de gravedad física y mecánica, es por ello que, los autores propusieron una búsqueda de estabilizar el suelo por medio del afirmado base lo que brindaría una mejor base estable. Por su parte, Mohd et al. (2019) mencionan que la inestabilidad del suelo arcilloso representa un desafío significativo para la ingeniería civil, especialmente en países asiáticos como de

**Resumen de coincidencias** ✕

**6 %**

Se están viendo fuentes estándar

EN Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	>
4	Ramón Tejada Oliveros... Publicación	<1 %	>
5	www.pureearth.org Fuente de Internet	<1 %	>