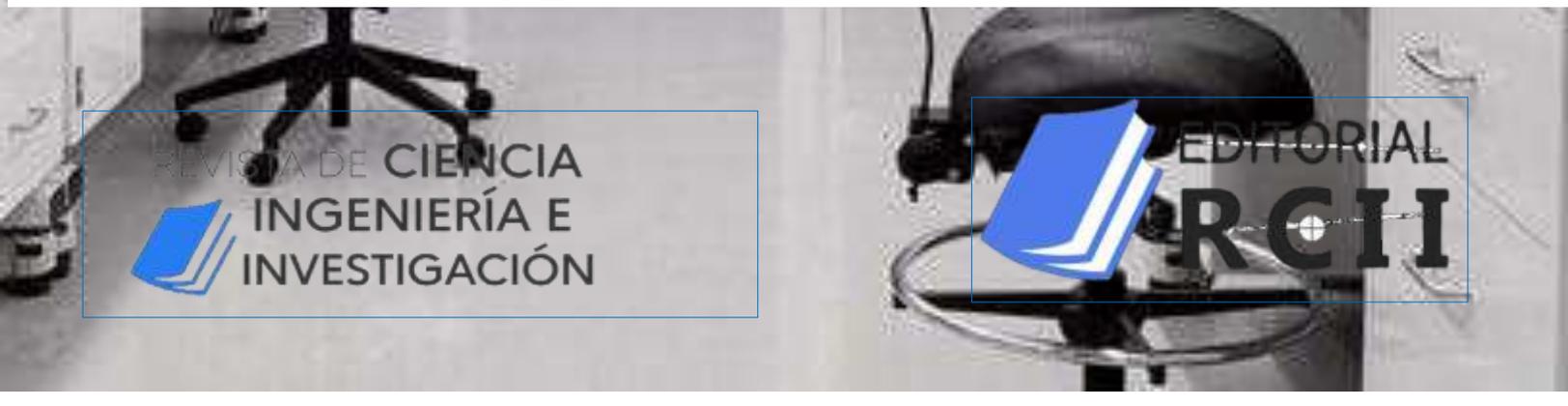




INVESTIGACIONES TECNICAS DE LABORATORIO



REVISTA DE CIENCIA
INGENIERÍA E
INVESTIGACIÓN

EDITORIAL
RCII

INVESTIGACIONES TECNICAS DE LABORATORIO

INVESTIGACIONES TECNICAS DE LABORATORIO

Primera Edición diciembre 2023

ISBN N° 978-9917-9992-4-9

Autores:

LIBRO DE AUTORÍA COLECTIVA

Editado por:
Editorial RCII

Hecho el depósito legal N° 4-1-6926-2023
Libro de soporte digital.

Libro resultado de investigación y con proceso de revisión por pares externos.

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de los autores.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
INTRODUCCIÓN	5
Capítulo I.....	6
Capítulo II.....	20
Capítulo III.....	35

INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación académica es promover conocimientos nuevos y relevantes basados en la resolución de problemas que impulsen el desarrollo de la sociedad. Su plan de investigación le brinda un marco para responder su pregunta de investigación.

El laboratorio fomenta e incentiva el estudio de temas científicos porque permite a los estudiantes cuestionar sus conocimientos y enfrentar la realidad. Además, los estudiantes utilizan los conocimientos adquiridos y los ponen a prueba en la práctica.

Adoquin de concreto permeable con adiciones de ceniza de carbón-Pucallpa-2023.

KATTERINE RIVERA ALFARO

kariveraal@ucvvirtual.edu.pe

ORCID 0000-0001-5875-0507

Universidad Cesar Vallejo

Perú, Lima

FILOMENA ALICIA CÁNTARO POPAYÁN

fcantarop@ucv.edu.pe

ORCID 0000-0001-9346-1444

Universidad Cesar Vallejo

Perú, Lima

RESUMEN

El presente estudio planteó; elaborar muestras con con incremento de ceniza de carbón. Para ello aplico el método cuasi experimental, construyendo adoquines con porcentajes de 0%, 3%, 6% y al 9% de ceniza de shihuahuaco, los ensayos se analizaron a los 7, 14, 21 y 28 días de fabricación. Llegando a las conclusiones, en el análisis de absorción de los 7 hasta los 28 días el promedio de los adoquines tuvo un aumento progresivo desde 2,18% hasta finalizar 6.18%. Su absorción aumenta con los mayores incrementos. En el análisis de permeabilidad se obtuvo 329.696873 L/min/m² al 0% y hasta 154.447523 L/min/m. al 9%. Al analizar la resistencia a la compresión desde los 7 hasta los 28 días, al 0% de 118 kg/cm² hasta el 9% de 47 kg/cm², se observa que la resistencia desciende.

Palabras clave: Adoquín, concreto permeable, compresión, absorción.

ABSTRACT

The present study raised the objective of; make pervious concrete pavers with the addition of Scoal ash. For this, I apply the pure experimental method, for which paving stones were made with percentages of 0%, 3%, 6% and 9%, the tests were carried out at 7, 14, 21 and 28 days of manufacture. Arriving at the conclusions, in the analysis of absorption from 7 to 28

days, the average of the paving stones had a progressive increase from 2.18% to 6.18%. We observe that the absorption increases as the percentage of ash increases. In the permeability analysis, 329.696873 L/min/m² at 0% and up to 154.447523 L/min/m were obtained. at 9%. When analyzing the compressive strength from 7 to 28 days, at 0% of 118 kg/cm² to 9% of 47 kg/cm², it is observed that the resistance decreases.

Key words: Paver, pervious concrete, compression, absorption.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la población mundial ha aumentado, llegando a 7.900.000.000 de personas en todo el mundo en 2023 ONU (2021). La problemática da lugar a la construcción de viviendas, parques, carreteras, etc., siendo el hormigón el material más utilizado. Sobre la producción de hormigón se han realizado diversos estudios, obteniéndose resultados muy positivos tras introducir aditivos en la producción de estructuras de hormigón; Este es el caso de las cenizas volantes utilizadas en el hormigón en todo el mundo; Por ejemplo, en Australia, las cenizas volantes se utilizan para producir hormigón en lugar de cemento.. ASOCEM (2020).

En el Perú el concreto es el material más utilizado en la construcción y para buscar formas de mejorar sus propiedades se han realizado investigaciones agregando cenizas volantes en lugar de cemento, pero en dosificaciones, específicamente el propósito es mejorar la calidad del concreto. . hormigón, de donde surgió la idea y oportunidad de probar la sustitución de parte del cemento por ceniza para mejorar la durabilidad, trabajabilidad y durabilidad, utilizando ceniza en dosis mínimas se han obtenido resultados, buenos., Blanco (2007).

La ceniza es un residuo de la producción de carbón de Sen la región de Ucayali y representa una amenaza para el medio ambiente porque en forma de polvo es un contaminante ambiental. Esta actividad se vuelve peligrosa para el medio ambiente y cuando se combina

con el agua, el aire y el suelo provoca una grave contaminación, Huaquisto & Belizario (2018), acarrear situaciones adversas sobre la salud de seres humanos y los organismos.

Según la Universidad Agraria la Molina. Las investigaciones muestran la presencia de especies arbóreas altamente sensibles, como el shihuahuaco, por lo que en 2015 la autoridad competente realizó solo 10 inspecciones, afectando a 280 empresas sujetas a responsabilidad en el sector del carbón. Del Sse produce carbón vegetal en las provincias de Madre de Dios y Ucayali debido a que esta especie es cazada. En 2021 se descubrió que el 57,7% de la producción de carbón vegetal proviene de esta especie arbórea, que se encuentra en peligro de extinción. INIA (2021)

Se han realizado diversos estudios sobre la producción de bloques de concreto con adición de ceniza, y en el Perú se ha observado que cada vez se realizan más investigaciones aplicadas para mejorar las propiedades del material, como el estudio de Chinguel (2020) En el cual busqué sustitutos de ceniza de hoja de eucalipto 12,00%, 14,00% y 16,00% para evaluar la resistencia a la compresión y encontré que los adoquines que contenían 14% de ceniza de eucalipto tenían una fuerza de hasta 719,37 kg/cm². También continúa una investigación en Trujillo (Correa, y otros, 2019) para ello preparé sustituto de ceniza de caña de azúcar en dosis de 3,00%, 6,00%, 9,00%, 12,00% y 15,00% para análisis de compactación. Sin embargo, el adoquín tiene un contenido de CCA del 12,00%, lo que da una resistencia de 516.330 kg/cm². Concluyó que aumentar el contenido de cenizas reduce la resistencia a la compresión.

Se han realizado varios estudios en la región de Ukayali que intentaron mejorar el desempeño de los pavimentos de concreto agregando o reemplazando porcentajes de ceniza de árboles locales como el shivawako, un árbol cercano a las maderas duras altas en sus características. muestra una contracción lineal baja y una contracción de volumen medio en el análisis y pertenece a la familia Dypterix odorata. Dypterix odorata es muy pesado, tiene alta resistencia mecánica y tiene una densidad de 0,87 g/cm³. Por los

estudios del Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales (OSINFOR), Presente en Ucayali, Loreto, San Martín, Madre de Dios, Huánuco, Junín y Pasco, esta madera tiene una contracción tangencial del 9,10%, una contracción radial del 5,50% y una contracción volumétrica del 15% para secciones tangenciales. Por otro lado, la relación T/R es 1,6. Por ello, investigamos las propiedades mecánicas y físicas de los adoquines elaborados con la ceniza de esta madera.

El trabajo se basó en la necesidad de ofrecer opciones de pavimentación alternativas para el tránsito peatonal en el parque, así como la necesidad de encontrar áridos que mejoraran las propiedades mecánicas y físicas de los pavimentos permeables de hormigón. Para efectos de este estudio se realizaron las siguientes recomendaciones y se fijaron los objetivos generales: Preparación de Pavimentos de Concreto Permeable con Adición de Ceniza de Carbón de SCol. Portillo, Pucallpa 2023.

MÉTODO

Vargas (2009,) mencionó que el tipo de investigación está determinado por su utilidad para la investigación. Se puede decir que nuestra investigación es aplicada porque presentamos la evaluación de adoquines y determinamos sus propiedades físicas y mecánicas.

Para Behar (2008), para este científico, este tipo de investigación es empírica porque es el resultado de la práctica cotidiana en la que se buscan soluciones a problemas sociales. En este contexto, el objetivo de la investigación aplicada es desarrollar pavimentos de hormigón con propiedades permeables que permitan mejorar el nivel de drenaje del agua de lluvia.

Según, Fernández & otros (2014). La investigación se centra en proyectos de aplicación experimental para encontrar nuevos diseños de adoquines, y las pruebas de laboratorio permiten determinar propiedades físicas y mecánicas.

Según Aria (2012), este estudio fue experimental; Klinger (2002). El diseño es experimental y pretende resolver problemas prácticos mediante experimentos y control de variables

independientes. (v. independiente) para observar un efecto o reacción que tiene lugar (v. dependiente).

Esa es la profundidad con la que se considera el tema de investigación. Nuestra investigación es explicativa porque buscamos el efecto de una causa específica. Este nivel se centra en las causas de los fenómenos y las relaciones de las variables.. Hernández *et al.* (2014), partiendo de este concepto, nuestro estudio pretende analizar la influencia de las cenizas en las propiedades físicas y mecánicas de pavimentos de hormigón permeables (porcentaje recomendado).

Enfoque es cuantitativo, Hernández & Fernández (2014) p. 15), requiere búsqueda y recopilación de datos basada en observaciones de prueba y cálculos numéricos para analizar los resultados..

RESULTADOS

Resultados a la compresión.

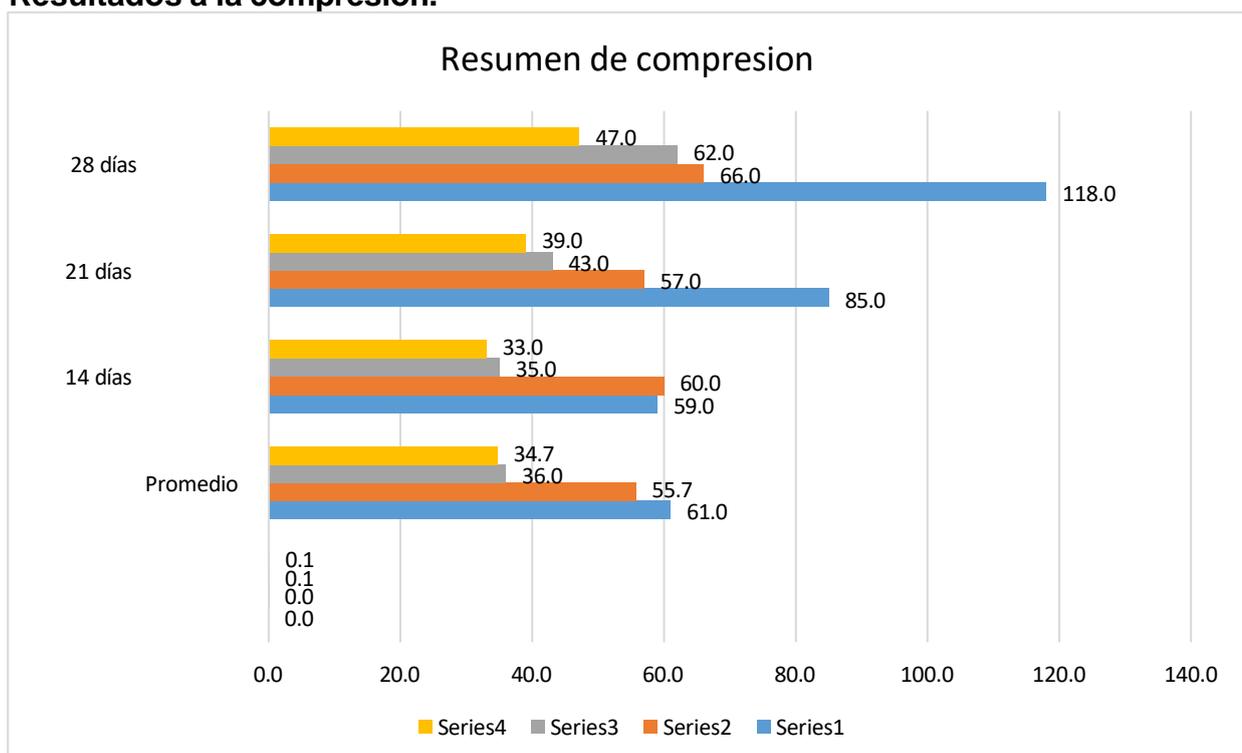


Figura 1: Resumen resultados del análisis a la compresión

El Análisis de resistencia a la compresión de 7 días a 28 días, el valor promedio del adoquín

con 0% ceniza de S osciló entre 61,0 a 117,3 kg/cm², el contenido de CS del 3% aumentó de 55,7 a. El contenido de cenizas de 66,3 kg/cm² y 6% de S aumentó de 36,0 a 61,6 kg/cm², y el contenido de cenizas de 9% de S aumentó de 34,7 a 46,7 kg/cm². Observamos que la resistencia disminuye al aumentar el porcentaje de cenizas.

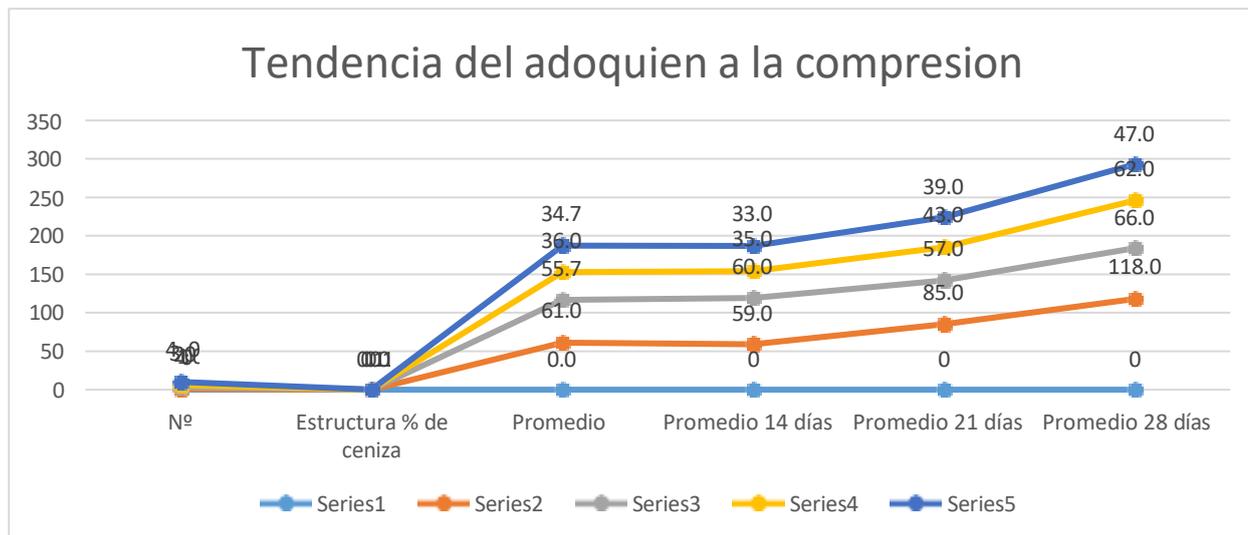


Figura 2: Tendencia del adoquein a la compresión

El análisis muestra tendencias de compresión de 7 días a 28 días según los incrementos de los adoquines C 0% de ceniza aumentó de 61,0 a 117,3 kg/cm², 3% de C S aumentó de 55,7 a 66,3 kg/cm², 6% de C S aumentó de 36,0 a 61,6 kg/cm² y 9 % de C S aumentó de 34,7 a 46,7 kg/cm². . Observamos que la resistencia disminuye al aumentar el porcentaje de cenizas..

Resultado 2

Resultados de absorción.

Tabla 1: Resultados de absorción.

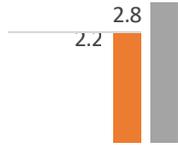


Figura 3: Resumen de los resultados de absorción

Análisis de absorción de 7 días a 28 días, el valor promedio de los adoquines 0% CS aumentó de 2.18% a 2.39%, 3% CS aumentó de 1.93% a 2.25%, 6% CS aumentó de 3.73% a 4.28%, 9% CS aumentó del 4,62% al 6,18%. Observamos que la absorción aumenta al aumentar el porcentaje de cenizas. .

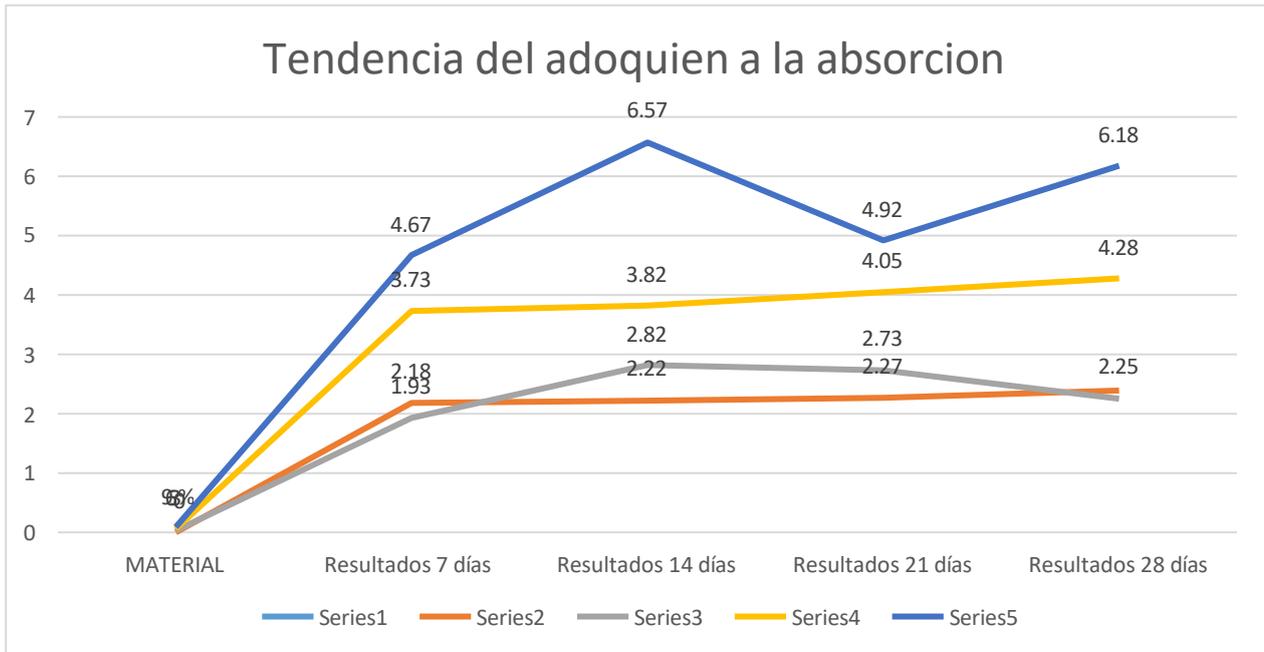


Figura 4: Tendencia del adoquien a la absorcion

El análisis de absorción mostró que de 7 días a 28 días después de la adición de 0% C Sse, aumentó de 2,18% a 2,39%, 3% C Sse aumentó de 1,93% a 2,25% y 6% C Sse aumentó de 3,73% a 4.28. %, 9% CS aumentó del 4,62% al 6,18%. Observamos que la absorción aumenta al aumentar el porcentaje de cenizas .

Resultado 3

Resultados de permeabilidad

Tabla 2: Promedio permeabilidad (L/min/m2)

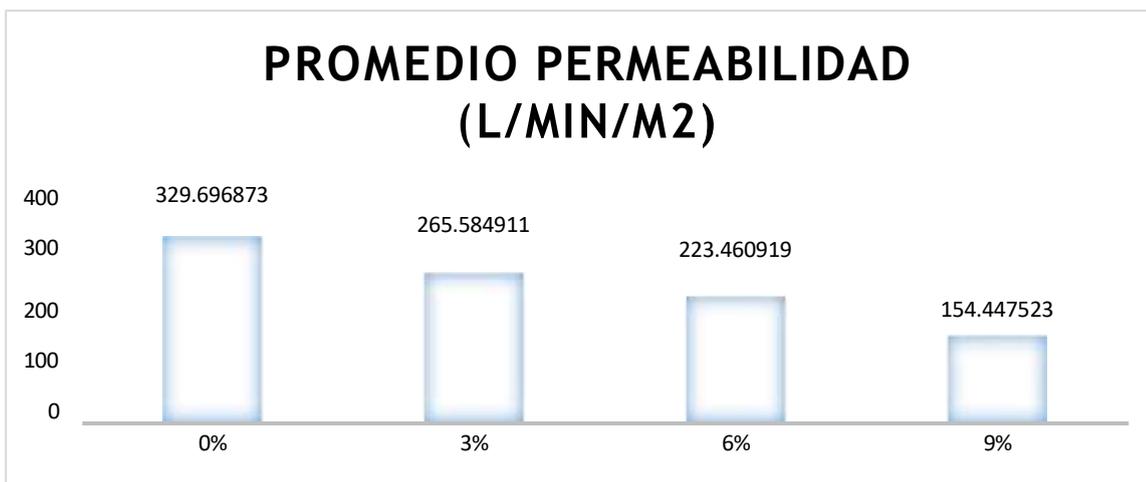


Figura 5: Promedio de permeabilidad del adoquín

Basado en análisis de permeabilidad (ACI 522R-10, 2011). La tasa de deshidratación de pavimentos de concreto permeables variará según el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente oscila entre 81 y 730 l/min/m², como se muestra, y las tasas de permeabilidad disminuyen a medida que se agrega el contenido de cenizas volantes, pero todas las muestras se redujeron dentro del rango de permeabilidad permisible según la norma (ACI 522R-10, 2011), pero el mejor desempeño fue para adoquines estampados con 0% de ceniza de Lithopsaceae agregada..

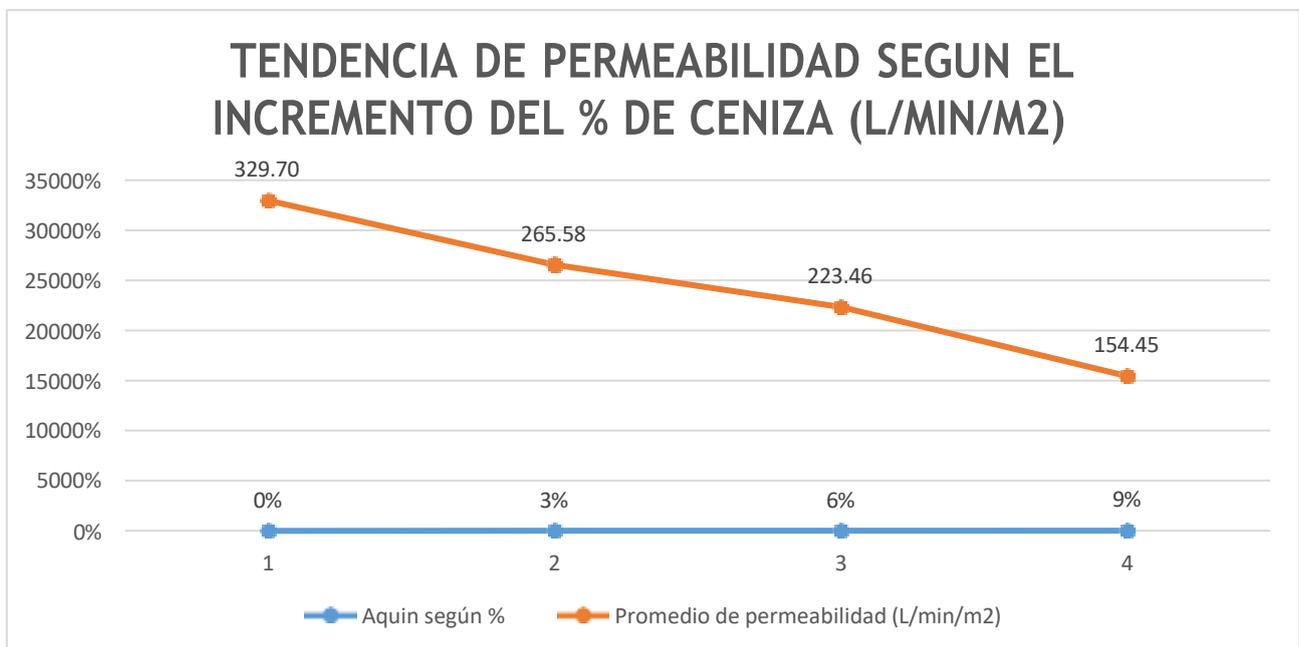


Figura 6: Tendencia de permeabilidad

El gráfico muestra que el nivel de permeabilidad disminuye con la adición de ceniza, pero todas las muestras están dentro del rango aceptable de permeabilidad según la norma (ACI 522R-10, 2011), pero ¿cómo es mejor el tejido de Lana? El patrón de adoquín tiene un 0% de contenido de cenizas.

DISCUSIÓN

En nuestro estudio se analizaron las propiedades de absorción física y se concluyó que después de 28 días, el nivel promedio de absorción del adoquín aumentó de 2,18% a 6,18%. Al agregar cañas, se convierten en adoquines altamente absorbentes, similar al estudio de Toribio (2020), que investigó el efecto de reemplazar el porcentaje de residuos

de tereftalato de polietileno en adoquines Tipo I. El estudio fue experimental con una relación agua/cemento de 0.3 y se logró utilizando dosis de PET utilizando relaciones de reemplazo de agregado grueso de 0.0%, 2.50%, 5.0%, 7.50%, 10.0% y 12.50%. El estudio concluyó que el ancho de la huella aumenta y es absorbido. Los resultados mostraron que agregar hasta un 5% de PET aumentó la conciencia pero disminuyó el ancho de la huella. De igual forma, el estudio de Ramos (2020) concluyó que los adoquines elaborados con materiales reciclados provenientes de daños en la construcción cumplen con los parámetros de las normas de la NTP 399.611, NTP 399.624, ITINTEC 399.124, sujetas a tasas de reposición de hasta el 20% son incluso menores. . observado. Al analizar las propiedades físicas de la permeabilidad de los adoquines se obtuvieron niveles suficientes con 0% de adición de ceniza, similar al estudio de Cabeza (2018), quien intentó analizar el efecto de la cascarilla de arroz sobre los adoquines de concreto, el cual se basa en experimentos de acuerdo con las regulaciones ACI, ASTM C78, Se prepararon cuatro muestras con reemplazo de CCA al 0%, 5%, 10% y 15%. Se concluyó que, en comparación con las muestras estándar, la sustitución del cemento por ceniza de cáscara de arroz no aumenta la resistencia a la compresión en ningún caso. Pero tampoco hubo un aumento en la permeabilidad, lo cual es muy similar a nuestro estudio. En un análisis de resistencia a la compresión de 7 días para pavimentos que contienen 0% C S, el valor promedio fue de 118 kg/cm^2 y disminuyó en consecuencia con la adición del porcentaje de cenizas: Montiel (2017), en su estudio, Mineral Use in Manufacturing, Capítulo 250.

El análisis final del experimento obtuvo kg/cm^2 , 360 kg/cm^2 , 400 kg/cm^2

Ninguna dosis superó la dosis mínima especificada en la norma NMX-C-31. Pero por otro lado, el estudio de Morales (2018) intentó comparar los resultados de adoquines normales y escombros de construcción agregados a adoquines según la normatividad de la NMX-C-314-ONNCCE-2014, lo que demostró que el tránsito peatonal parámetro de resistencia. estaba entre 250 kg/cm^2 y 300 kg/cm^2 . adentro

Se analizaron las pruebas de investigación y se obtuvo una resistencia de 300 a 400 kg/cm^2

y

La resistencia medida de las muestras 3 y 4 fue de 450 a 560 Ω/Ω^2 , lo que excedió los parámetros especificados en la norma. Como señalaron los autores en este estudio Estaba fuera de los parámetros marcados por las reglas. De manera similar, Araujo et al. (2020) en su estudio: Análisis del impacto de las cenizas de biomasa como reemplazo parcial del cemento en la producción de concreto simple. Para ellos, realicé estudios experimentales con pruebas de laboratorio y concluí que reemplazar el cemento con ceniza en un porcentaje del 15,0%, pero quemar la ceniza a una temperatura controlada (óptimamente de 500°C a 600°C) asegurará el tamaño de las partículas, lo mejorará. . Rendimiento del pavimento de hormigón. Este resultado es completamente similar a nuestro estudio porque la absorción aumenta al aumentar el porcentaje de cenizas.

CONCLUSIONES

De 61 a 118 kg/cm², de 3% C de 55,7 a 66 kg/cm², de 6% C de 36,0 a 62,0 kg/cm², de 9% C de 34,7 a 47,0 kg/cm². Observamos que la resistencia disminuye al aumentar el porcentaje de cenizas. De ello se deduce que la resistividad del 0% C S tiene una resistividad mayor y aumenta con la edad. Análisis de absorción de 7 días a 28 días, el valor promedio de los adoquines 0% CS aumentó de 2.18% a 2.39%, 3% CS aumentó de 1.93% a 2.25%, 6% CS aumentó de 3.73% a 4.28%, 9% CS aumentó del 4,62% al 6,18%. Observamos que la absorción aumenta a medida que aumenta el porcentaje de cenizas. Un análisis de permeabilidad basado en (ACI 522R-10, 2011) concluyó que la tasa de drenaje de pavimentos de concreto permeables variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero típicamente estará en el siguiente rango: 81 a 730 l/min/m², como se muestra en la figura. en la figura, el nivel de permeabilidad con la adición de cenizas volantes, pero todas las muestras están dentro del rango de permeabilidad permisible según la norma (ACI 522R-10, 2011), pero el mejor desempeño es un adoquín estampado con 0% de piedra fresno floral, por lo que no es posible añadir CS para obtener recubrimientos permeables.

Se concluye que según el análisis de permeabilidad según (ACI 522R-10, 2011), La tasa de drenaje del pavimento de concreto permeable variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente caerá en el rango de 81 a 730 L/min/m², como observamos el grafico los niveles de permeabilidad fueron descendiendo según se agregó la ceniza, pero según la norma así (ACI 522R-10, 2011), todas las muestras están dentro del intervalos de aceptación de la permeabilidad, pero en qué mejor rendimiento tuvo fue el adoquín patrón de un 0% de ceniza de shihuahuaco, por lo que no es factible la adición de C Spara la elaboración de adoquines permeables.

CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Abanto Cabellos, Tatiana. 2019. Permeabilidad. Universidad Privada del. 2019.
- Araujo, M y Laza, M. 2020. Análisis del efecto de la ceniza de biomasa como sustituto parcial del cemento en la elaboración de concreto simple. Universidad de Córdoba. Córdoba - Argentina: s.n., 2020.
- Arias, F. 2012. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. 6ta edición. Caracas: EDITORIAL EPISTEME, 2012. pág. 83. 980-07-8529-9.
- ÁSALE. 2014. Diccionario de la lengua española. España: s.n., 2014. Vol. La vigesimotercera edición.
- ASOCEM. 2020. Panorama mundial de la industria del cemento. Lima: s.n., 2020.
- Behar, D. 2008. Metodología de la investigación. Colombia: Shalom, 2008. 978-959-212-783-7.
- Blanco Blasco, Antonio. 2007. Evolución del diseño en concreto armado en el Perú. Lima: s.n., 2007.
- Borja Suárez, Manuel. 2016. Metodología de Investigación Científica para Ingeniería Civil. Chiclayo: s.n., 2016.
- Cabeza, Jhon Charles y Morillo Baldeon, Alan Jordan. 2018. Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz, Lima – 2018. 2018.

- Castañeda Cisneros, Luis Alberto y Salguero Sandoval, Claudia. 2018. Diseño y evaluación de concreto resistente a sulfatos mediante la adición de nanosílice para la construcción de canales en la costa norte: Caso Chavimochic Etapa I. 2018.
- Chinguel, R. 2020. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílice con ceniza de hoja de eucalipto, Lima 2019". Universidad Cesar Vallejo. Lima: s.n., 2020. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil.
- Correa, L y Polo, H. 2019. Influencia de reemplazo de ceniza de caña de azúcar sobre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines tipo II para pavimentos de tránsito liviano, Trujillo 2019. Universidad Privada del Norte. Trujillo - Perú: s.n., 2019. pág. 161, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
- Fachelli, Sandra y López Roldan, Pedro. 2017. Metodología de la investigación social cuantitativa. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona: s.n., 2017.
- Fernández, C; Baptista, M; Méndez, S; Mendoza, C; Hernández, R. 2014. Metodología de la investigación. [ed.] INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Sexta. México D.F: McGRAW-HILL, 2014. pág. 634. 978-1-4562-2396-0.
- Fonseca, L. 2016. Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos. Universidad Nacional de Colombia. Colombia: s.n., 2016.
- Gallo, C. 2017. Diseño de un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala. Universidad de La Salle. Bogotá - Colombia: s.n., 2017.
- Giraldo, Jimmy. 2019. Resistencia a la compresión y flexión de concreto con 10% y 20% de fibras de caucho reciclado. Huaraz: s.n., 2019.
- Herrera, R. 2015. Morteros. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, 2015.
- Huaquisto Cáceres, Samuel y Belizario Quispe, Germán. 2018. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Puno: s.n., 2018. ISSN 2313-2957.
- ICG. 2012. Construcción y normas. 2012.
- INIA. 2010. Estación Experimental Agraria Pucallpa - Ucayali. Pucallpa: s.n., 2010.
- Kerlinger, f y Lee, H. 2002. Investigación del comportamiento. Cuarta edición. México: McGraw Hill, 2002. pág. 124.
- Medina, G y Ramos, M. 2021. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria. Universidad Privada del Norte. Lima: s.n., 2021. Ingeniería Civil.
- Montiel Miguel, José Luis. 2017. Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos

peatonales. 2017.

Morales Jiménez, Juan Manuel. 2018. Diseño de una mezcla con materiales reciclados para producción de adoquines. México: s.n., 2018.

NTP 339.034: 2015. Método de Ensayo Normalizado Para La Determinación de La Resistencia a La Compresión Del Concreto en Muestras Cilíndricas. Lima: s.n., 2015. Vol. 4.

OATES, J. 1998. Lime and Limestone. Chemistry and Technology, Production and Uses. 1998.

ONU. 2021. El crecimiento de la migración internacional. Nueva York: s.n., 2021.

Pérez, J y Merino, M. 2017. Definición de adoquín. 2017. Recuperado el 10 de febrero de 2023.

RAE. 2022. Diccionario de la academia española. España: s.n., 2022.

Ramos, I. 2020. Propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto con la adición de material reciclado de construcción, Los Olivos. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, Universidad Cesar Vallejo. Los Olivos - Lima: s.n., 2020. pág. 81, Tesis de Licenciatura.

REDVERDE.ES. 2011. Materiales Ecológicos para Bioconstrucción. 2011. RICASA-ABC, CONCRETOS. 2018. Características del Concreto Hidráulico. 2018.

Tafur, R. 2010. Fraccionamiento fotoquímico del contenido de metabolitos secundarios en hojas de la planta medicinal. Tingo María -Perú : s.n., 2010.

Toribio, J. 2020. Influencia del reemplazo y porcentaje de residuos de tereftalato de polietileno en adoquines tipo I sobre la compresión, absorción y abrasión. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Trujillo: s.n., 2020. Tesis de licenciatura.

Vargas. 2005. Las medicinas científicas occidentales. 2005. 27.

Vargas, Z. 2009. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. San Pedro - Costa Rica: s.n., 2009, págs. 155-165. Vol. 33. 0379-7082.

Efectos de la CLy fibra de Furcraea andina sobre el adobe

ANGELA KAREN HUENECE ANCCO

anhuenecan@ucvvirtual.edu.pe

ORCID 0000-0003-4240-0427

Universidad César Vallejo

Perú, Lima

FILOMENA ALICIA CÁNTARO POPAYÁN

fcantarop@ucv.edu.pe

ORCID 0000-0001-9346-1444

Universidad Cesar Vallejo

Perú, Lima

RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar los efectos de las cenizas de alimento para patos y las fibras de Furcraea sobre ladrillos de adobe. Los métodos utilizados se utilizan y experimentan en el diseño. Los resultados muestran que la incorporación de ceniza de Azolla y fibras de cártamo mejora las propiedades mecánicas del adobe, ya que la resistencia a la compresión aumenta en un 2.37% cuando se incorpora 3% de ceniza de Azolla y 0.25% de fibras de cártamo. Según el volumen de unidades de Adobe, la resistencia a la compresión de los prismas de Adobe aumenta un 1,28% y la resistencia a la flexión aumenta un 35,29%. En conclusión, la adición de ceniza de Cinping y fibra de cardo mejoró las propiedades mecánicas de los ladrillos de adobe.

Palabras clave: Ceniza; Lemna gibba; fibra; Furcraea andina; adobe

ABSTRACT

This research aimed to analyze the effects of Lemna gibba ash and Furcraea fiber on adobe. The methodology used was applied type and experimental design. The results obtained showed that the incorporation of Lemna gibba ash and Furcraea andina fiber improved the mechanical behavior of adobe, since with a dosage of 3% Lemna gibba ash and 0.25% Furcraea andina fiber, an increase in 2.37% in the compressive strength of the adobe unit, a 1.28% increase in the compressive strength of the adobe prism, and a 35.29% increase in flexural strength. In conclusion, the inclusion of Lemna gibba ash and Furcraea andina fiber improves the mechanical properties of adobe.

Key words: Ash; Lemna gibba; fiber; Andean furcraea; adobe

INTRODUCCIÓN

Con base en la evaluación de riesgos ambientales, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente concluyó que el sector de la construcción es el sector con mayor impacto en el medio ambiente (Jannat et al., 2020). Esta industria consume el 40% del consumo global de energía, el 25% del consumo de agua y el 40% del consumo global de recursos (Gama et al., 2012). Para compensar los impactos negativos sobre los ecosistemas y el cambio climático resultante, la industria de la construcción debe adoptar medidas sostenibles para reducir la contaminación ambiental y el consumo de combustible (Parlato & Porto, 2020; Steffens et al., 2020). , 2017)

Además, los subproductos agrícolas, los restos y los derivados resultantes de la actividad agrícola pueden desempeñar un rol relevante en la arquitectura ecológica, ya que también pueden ser aprovechados en el ámbito de construcción, al incorporarse a las unidades de arcilla para mejorar sus propiedades técnicas. Esto contribuye a la mejora de los elementos tradicionales de la construcción mediante la incorporación de componentes naturales (Rojas & Bolaños, 2016).

La sostenibilidad utiliza materiales renovables o reciclados provenientes de desechos. La mitad de las viviendas se basan en este tipo de material, debido a que su utilización es viable y de fácil acceso (Statuto et al., 2018).

Un tercio de habitantes vive en edificaciones hechas de tierra (Laborel et al., 2016), más aún en países latinoamericanos, las construcciones de tierra representan más del 50% (Laibi et al., 2018). Esta realidad se puede ver en Sudamérica, como la sierra peruana donde el adobe es el más utilizado en albañilería, estos se fabrican de forma rústica, es económico, destacando sus cualidades aislantes, inerciales y resistentes (Bailón et al., 2019).

Diversas investigaciones han mejorado el comportamiento de los materiales de construcción rústicos, con el fin de evitar la entrada de iones de cloro, aumentar la resistencia a la compresión o reducir el tiempo de formación (Velasco et al., 2020). La cohesión, de hecho, es la propiedad más importante que debe tener la tierra para ser utilizada con fines de construcción (Quagliarini & Lenci, 2010). Los bloques de tierra se han utilizado en los últimos tiempos principalmente para reducir el impacto negativo de las edificaciones en el medio ambiente (Danso, 2018). En las economías en desarrollo, los materiales molidos se utilizaron predominantemente debido a su rentabilidad, pero ahora, debido a la adición de varias fibras naturales y aditivos, los materiales molidos también funcionan mejor en términos de resistencia y durabilidad (Jesudass et al., 2020).

Uno de los elementos de albañilería más utilizados en el país es el adobe, con el que se construyen viviendas unifamiliares rústicas, que representan alrededor del 27,90% de las viviendas peruanas, según datos sociodemográficos del censo de 2017. Es muy importante que los materiales de esta edificación cumplan con los parámetros marcados por las normas técnicas del Perú y brinden confort térmico en las zonas rurales de las regiones altoandinas, principalmente en la sierra de Puno. (Suarez et al., 2017).

En la región de Puno, las características del clima son notoriamente diversas. No obstante, es durante los meses comprendidos entre mayo y agosto cuando se experimentan las temperaturas más bajas del año, especialmente en las áreas rurales. En numerosas situaciones, debido a la falta de asesoramiento adecuado y limitaciones económicas, los residentes optan por materiales de construcción de origen rudimentario para edificar sus hogares.

MÉTODO

El suelo que se utilizó para fabricar el adobe se obtuvo de un pozo excavado en la comunidad de Ilo , las características físicas del suelo se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Características del suelo

Característica	Valor
SUCS	SC
AASHTO	A-4 (3)
Límite plástico	25.0
Límite líquido	17.5
Índice plástico	7.5

Además se calcinó Lemna gibba con el fin de obtener la ceniza, el cual fue extraído de las riberas del Lago Titicaca, la cual fue sometida a un ensayo químico, los valores se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis químico de la ceniza de Lemna gibba

Descripción	Cantidad
Dureza total	128 ppm
Sulfatos	150 ppm
Calcio	25 ppm
Cloruros	3500 ppm

Mientras que la FF fue obtenida del distrito de Chucuito (como se muestra en la figura 1), la obtención de las fibras se realizó de forma manual, la contaba con un módulo de elasticidad de 290 MPa.



Fig. 1. Fibra de *Furcraea andina*

Para llevar a cabo la experimentación se tomó como base la Norma Técnica Peruana E-080 (MVCS, 2017). Para lo cual se fabricaron 12 adobes compresión simple de la unidad, 36 adobes para el ensayo de resistencia a la compresión axial del prisma y 12 adobes para el ensayo de flexión de cada muestra.

Para la determinación de la variación de temperatura se construyeron 2 módulos de adobe (1 módulo con adobe convencional y 1 módulo con adobes elaborados con 3% de CLy 0.25% de fibra de cabuya. Se midieron las temperaturas durante 24 horas, tanto en el exterior como en el interior del módulo.

RESULTADOS

La resistencia comprimidos del adobe de referencia obtuvo 16.9 kg/cm². Sin embargo, al realizar diferentes combinaciones de dosis, como A3% CL+ 0.25%FF, A3% CL+0.50% FF y A3% CL +1% FF, se observaron valores de resistencia de 17.3 kg/cm², 15.2 kg/cm² y 17.2 kg/cm² respectivamente. Entre estas combinaciones, la adición de 3% de CLy 0.25% de FFmostró los mejores resultados, ya que aumentó la resistencia de la unidad en un 2.37% en comparación con la muestra sin modificar.

Tabla 3. Valores de resistencia a la resistencia a la compresión de la unidad de adobe

ID	Adobe tradicional	A+3%CL+0.25%FF	A+6%CL+0.50%FF	A+9%CL+1%FF
1	17.12	19.00	14.83	16.89
2	15.80	18.02	16.40	16.96
3	17.80	14.95	14.31	17.71
Media	16.90	17.30	15.2	17.2

Los datos proporcionados representan los valores la resistencia a la compresión axial para diferentes muestras de adobe. El adobe tradicional tuvo un valor promedio de 4.7 kg/cm². Sin embargo, al agregar un 3% de CL(CL) y un 0.25% de FF(FF), se observó un ligero aumento en el valor promedio, alcanzando 4.76 kg/cm². Por otro lado, al aumentar la dosificación a un 6% de CL y un 0.50% de FF, el valor promedio disminuyó a 2.84 kg/cm². Finalmente, al incrementar la dosificación a un 9% de CL y un 1% de FF, se obtuvo un valor promedio de 3.38 kg/cm². Estos resultados indican que la inclusión de CLy FFpuede afectar el atributo medido, siendo la dosificación de 3% de CL y 0.25% de FF la que muestra el valor promedio más alto.

Tabla 4. Valores de resistencia a la resistencia a la compresión del prisma de adobe

ID	Adobe tradicional	A+3%CLA+0.25%FF	A+6%CLA+0.50%FF	A+9%CLA+1%FF
1	3.38	4.71	3.00	3.53
2	5.06	4.62	2.79	3.34
3	5.67	4.93	2.74	3.27
Media	4.7	4.76	2.84	3.38

La tabla 5 muestra que el adobe tradicional presentó una resistencia a la flexión promedio de 15.3 kg/cm², mientras que la combinación A+3%CL+0.25%FF mostró un valor promedio más alto de 20.7 kg/cm², indicando un aumento significativo en la resistencia. Sin embargo, las dosificaciones más altas (A+6%CL+0.50%FF y A+9%CL+1%FF) resultaron en resistencias promedio de 16.3 kg/cm² y 18.9 kg/cm² respectivamente, mostrando una menor mejora en comparación con el adobe tradicional. Por lo tanto, una dosificación adecuada de 3% de CL y 0.25% de FF parece ser la combinación más efectiva para mejorar la resistencia a la flexión del adobe.

Tabla 5. Valores de resistencia a la resistencia a la flexión del adobe

ID	Adobe tradicional	A+3%CL+0.25%FF	A+6%CL+0.50%FF	A+9%CL+1%FF
1	14.9	22.4	16.0	18.7
2	17.3	18.9	15.7	19.4
3	13.8	20.7	17.3	18.4
Media	15.3	20.7	16.3	18.9

La figura 5 muestra las temperaturas exteriores e interiores registradas en los módulos en diferentes días y horas. Al observar las horas más frías, se puede notar que a las 6:00 de la mañana, la temperatura exterior alcanza su punto más bajo con -8.7 °C. En la configuración del patrón, la temperatura interior a esa hora es de 0.7 °C, mientras que en

la configuración A+3%CL+0.25%FF es de 2.2 °C. Esto indica que la configuración modificada brinda un mejor aislamiento térmico, manteniendo una temperatura interior más alta en comparación con el patrón durante las horas más frías. Por otro lado, al observar las horas más cálidas, a las 14:00 y 15:00, la temperatura exterior alcanza valores de 15.3 °C y 13.9 °C respectivamente. En la configuración del patrón, la temperatura interior se mantiene entre 11.1 °C y 12.6 °C durante esas horas. En la configuración A+3%CL+0.25%FF, la temperatura interior varía entre 11.7 °C y 12.6 °C. En este caso, ambas configuraciones logran mantener temperaturas interiores cercanas a las exteriores, indicando un buen control térmico. En resumen, la configuración A+3%CL+0.25%FF muestra una mayor estabilidad en las temperaturas interiores y un mejor aislamiento térmico en comparación con el patrón, tanto en las horas más frías como en las más cálidas.

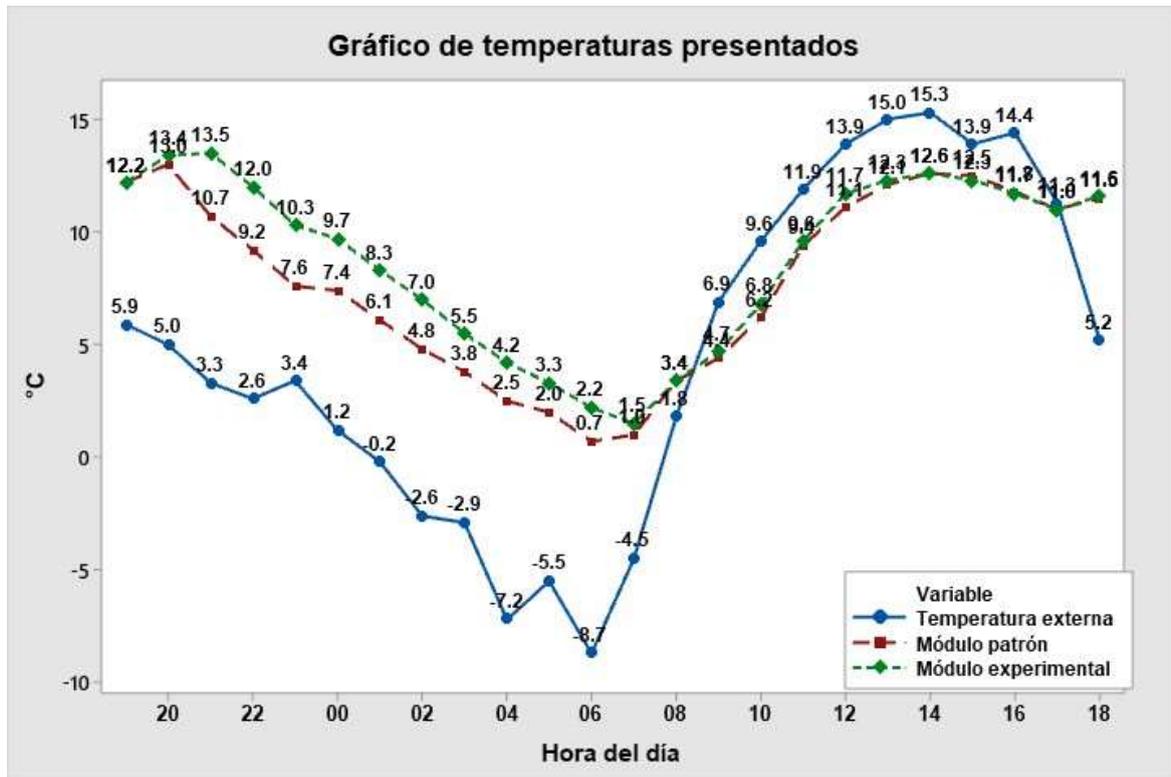


Fig. 2. Comportamiento de la temperatura

DISCUSIÓN

Respectos a los conseguido en los valores de resistencia a la compresión de la unidad se pudo apreciar el incremento de la resistencia es mínimo al adicionar 3% de CLy 0.25% de fibra de cabuya, mientras que al realizar dosificaciones mayores de CLy fibra de cabuya la tendencia va a la baja es decir, que la resistencia disminuye, estos resultados son similares a los conseguidos por Millogo et al. (2014), la resistencia a la compresión aumentó un 16 % para las fibras cortas (3 cm) y un 8 % para las fibras largas (6 cm). El aumento de la resistencia a la compresión está ligado a la homogeneidad de la microestructura debido a la presencia de menos poros. Estos poros están ocupados por fibras. Además, las observaciones microscópicas de PAB reforzados con fibras demostraron la casi ausencia de grietas, lo que demuestra que la asociación de fibras y la matriz de arcilla evita la propagación de grietas y contribuye, por lo tanto, a la mejora de la resistencia a la compresión.

Respectos a los conseguido en los valores de resistencia a la compresión del triplete de adobes (prisma) se pudo apreciar el incremento de la resistencia es mínimo al adicionar 3%

de CLy 0.25% de fibra de cabuya y 9% de CLy 1.0% de fibra de cabuya, mientras que al realizar dosificaciones 6% de CLy 0.50% de fibra de cabuya la tendencia va a la baja es decir, que la resistencia disminuye, estos resultados son similares a los conseguidos por Kafodya et al. (2019) donde los prismas no reforzados fallan inmediatamente después de alcanzar la tensión de fluencia, lo que es indicativo de un comportamiento frágil. En comparación, los prismas con mortero no reforzado movilizan poca fuerza en comparación con los prismas reforzados. Se

muestra que los prismas reforzados presentan un aumento de la fuerza de un mínimo del 25 % en relación con los prismas no reforzados. La ductilidad aumenta con la inclusión de fibras en el mortero o en los ladrillos. Casi la misma resistencia a la compresión de alrededor de 0,5 MPa se moviliza con la inclusión de fibras en el mortero o en los ladrillos.

Respectos a los conseguido en los valores de resistencia a la flexión se pudo apreciar que la CLy fibra de cabuya incrementa significativamente este parámetro, pues todas las dosificaciones mejoraron la resistencia a la flexión resaltando la dosificación de 3% de CLy 0.25% de fibra de cabuya, estos valores son similares al de Concha & Antico (2020) donde los valores promedio de resistencia a la flexión para bloques de adobe reforzado con yute oscilaron entre 0.37 (V 0-0) y 0.88 (V 2-30) MPa, entre 0.51 (I 0) y 0.71 (I 1) MPa para fibra de micro polipropileno y entre 0.26 (A 0.5-15) y 0.41 (A 0-0) MPa.

Respecto a la medición de temperaturas al observar las horas más frías, se puede notar que a las 6:00 de la mañana, la temperatura exterior alcanza su punto más bajo con -8.7 °C. En la configuración del patrón, la temperatura interior a esa hora es de 0.7 °C, mientras que en la configuración A+3%CL+0.25%FF es de 2.2 °C. Esto indica que la configuración modificada brinda un mejor aislamiento térmico, manteniendo una temperatura interior más alta en comparación con el patrón durante las horas más frías. Por otro lado, al observar las horas más cálidas, a las 14:00 y 15:00, la temperatura exterior alcanza valores de 15.3 °C y 13.9 °C respectivamente. En la configuración del patrón, la temperatura interior se

mantiene entre 11.1 °C y 12.6 °C durante esas horas. En la configuración A+3%CL+0.25%FF, la temperatura interior varía entre 11.7 °C y 12.6 °C, los resultados son similares a los de Ouedraogo et al. (2019) donde la adición de paja de fonio en el adobe conduce a un aumento de la porosidad cerrada. La conductividad térmica disminuye cuando se eleva el contenido de paja de fonio: se observa una disminución del 67% para el adobe que contiene 1% en peso de paja de fonio. Esta disminución podría explicarse por los efectos combinados de una mayor porosidad y el uso de refuerzos de baja conductividad térmica debido a la presencia de celulosa, que es un buen aislante térmico.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que, al realizar diferentes combinaciones de dosis en el adobe de referencia, se obtuvieron diferentes valores de resistencia a la compresión. En particular, la adición de 3% de CL(CL) y 0.25% de FF(FF) mostró los mejores resultados, aumentando la resistencia promedio en un 2.37% en comparación con la muestra sin modificar. Esto sugiere que la inclusión de CL y FF en la mezCL de adobe puede mejorar significativamente su resistencia.
2. Se concluye que la resistencia a la compresión axial del adobe puede variar dependiendo de la dosificación de CL(CL) y FF(FF). Se observó que la adición de un 3% de CL y un 0.25% de FF resultó en un ligero aumento en la resistencia promedio, mientras que dosificaciones más altas condujeron a una disminución en la resistencia.
3. Se concluye que la adición de CL(CL) y FF(FF) puede mejorar la resistencia a la flexión del adobe. La combinación A+3%CL+0.25%FF mostró un aumento significativo en la resistencia promedio, superando al adobe tradicional. Sin embargo, dosificaciones más altas no resultaron en una mejora proporcional en la resistencia. Por lo tanto, una dosificación de 3% de CL y 0.25% de FF parece ser la combinación más efectiva para mejorar la resistencia a la flexión del adobe. Estos hallazgos son

importantes para la construcción de estructuras de adobe más resistentes y duraderas.

4. En conclusión, los resultados demuestran que la configuración A+3%CL+0.25%FF presenta mejoras significativas en términos de aislamiento térmico y estabilidad de temperatura interior en comparación con el patrón. Durante las horas más frías, esta configuración logra mantener una temperatura interior más alta, lo que indica un mejor rendimiento de aislamiento. Además, tanto en las horas más cálidas como en las más frías, ambas configuraciones muestran un buen control térmico al mantener temperaturas interiores cercanas a las exteriores. Estos resultados destacan la importancia de la inclusión de CL y FF para mejorar el confort y la eficiencia energética en los módulos.

CONFLICTO DE INTERESES.

En el presente artículo científico, los autores hacen hincapié en que no hay conflicto de intereses que pueda afectar la objetividad y veracidad de los resultados presentados. Esta afirmación es de gran importancia, ya que asegura la transparencia y la integridad del estudio realizado.

REFERENCIAS

- Bailón, E. I., Espinosa, R. I., & Acevedo, J. B. (2019). Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 105–127. <https://doi.org/10.14482/inde.37.1.624>
- Concha, J., & Antico, F. C. (2020). Mechanical and damage similarities of adobe blocks reinforced with natural and industrial fibres. *Materia*, 25(4). <https://bit.ly/36JBWhh>
- Danso, H. (2018). Identification of Key Indicators for Sustainable Construction Materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/6916258>

- Gama Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá Martínez, R., Cabadas Báez, H., Sánchez Pérez, S., López Aguilar, F., & Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177–188. <https://doi.org/10.18268/bsgm2012v64n2a3>
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. *Construction and Building Materials*, 254, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119346>
- Jesudass, A., Gayathri, V., Geethan, R., Gobirajan, M., & Venkatesh, M. (2020). Earthen blocks with natural fibres - A review. *Materials Today: Proceedings*, 45(June), 6979–6986. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.434>
- Kafodya, I., Okonta, F., & Kloukinas, P. (2019). Role of fiber inclusion in adobe masonry construction. *Journal of Building Engineering*, 26, 1–37. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100904>
- Laborel, A., Aubert, J. E., Magniont, C., Tribout, C., & Bertron, A. (2016). Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, 111, 719–734. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.119>
- Laibi, A. B., Poullain, P., Leklou, N., Gomina, M., & Sohounhloué, D. K. C. (2018). Influence of the kenaf fiber length on the mechanical and thermal properties of Compressed Earth Blocks (CEB). *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(2), 785–793. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1968-9>
- Millogo, Y., Morel, J.-C., Aubert, J.-E., & Ghavami, K. (2014). Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers. *Construction and Building Materials*, 52, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.094>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú. (2017). Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. *Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada (Spanish)*, 1, 29. RESOLUCIÓN MINISTERIAL%0ANº 121-2017-VIVIENDA

- Ouedraogo, M., Dao, K., Millogo, Y., Aubert, C., Messan, A., Seynou, M., Zerbo, L., & Gomina, M. (2019). Physical, thermal and mechanical properties of adobes stabilized with fonio (*Digitaria exilis*) straw. *Journal of Building Engineering*, 23, 250–258. <https://acortar.link/6JbXtp>
- Parlato, M. C. M., & Porto, S. M. C. (2020). Organized Framework of Main Possible Applications of Sheep Wool Fibers in Building Components. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12030761>
- Quagliarini, E., & Lenci, S. (2010). The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks. *Journal of Cultural Heritage*, 11(3), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.11.012>
- Rojas, M. N., & Bolaños, E. A. (2016). Sustainable adobe bricks with construction wastes. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, 169(4), 158–165. <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00014>
- Statuto, D., Sica, C., & Picuno, P. (2018). *Experimental development of clay bricks reinforced with agricultural by-products. Sustainable Farming-SFARM View project Mediterranean technology led incubator co-operation-MEDI-CUBE View project. February*. <https://bit.ly/36lls9c>
- Steffens, F., Steffens, H., & Oliveira, F. R. (2017). Applications of Natural Fibers on Architecture. *Procedia Engineering*, 200, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.045>
- Suarez, E. J., Aranda, Y. G., Zuñiga, C., & De León, A. (2017). Effect of the Addition of Cactus Mucilage and Fibers To Samples of Poured Earth. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 6(5), 132–136. <https://doi.org/10.5281/zenodo.571742>
- Velasco, A. A., Espuna, J. A., Perez, J. F., Zuñiga, C., Palacio, A., & Suarez, E. J. (2020). Compressed earth block reinforced with coconut fibers and stabilized with aloe vera and lime. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(3), 1–13.

<https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2020-0055>

Mejoramiento de suelos finos mediante adición de rocas volcánicas

Gilmar Juan Ccama Mendoza

gilmar.juan42@gmail.com

ORCID 0000-0003-3863-3965

Universidad Cesar Vallejo

Perú, Lima

David Salmest Condori Arrazola

deyvisdavid.24@gmail.com

ORCID 0000-0003-4366-2357

Universidad Cesar Vallejo

Perú, Lima

RESUMEN

El propósito principal de esta investigación es evaluar la eficacia de la mejora de suelos finos en pavimentos flexibles en Puno, mediante la incorporación de roca volcánica granulada en la subrasante. El objetivo fue determinar el comportamiento de la subrasante ante esta incorporación. Para hacer esto posible se realizaron tres calicatas a lo largo de una vía urbana para obtener sus perfiles estratigráficos. De esta manera, los resultados indican que la adición de un 10% de roca volcánica mejora significativamente la compactación de los suelos finos, con una densidad seca máxima de 2.170 gr/cm³ y una humedad óptima del 11%, según el ensayo de Proctor modificado. Finalmente, este estudio sugiere que la utilización de material granulado volcánico en el sustrato de pavimentos flexibles en Puno puede tener un impacto positivo en la calidad y durabilidad de las

infraestructuras viales.

Palabras clave: Mejoramiento; suelos finos; rocas volcánicas; subrasante; pavimentos flexibles

ABSTRACT

The main purpose of this research is to evaluate the effectiveness of fine soil improvement in flexible pavements in Puno, through the incorporation of granulated volcanic rock in the subgrade. The objective was to determine the behavior of the subgrade with this incorporation. To make this possible, three test pits were made along an urban road to obtain their stratigraphic profiles. The results indicate that the addition of 10% volcanic rock significantly improves the compaction of fine soils, with a maximum dry density of 2,170 g/cm³ and an optimum moisture content of 11%, according to the modified Proctor test. Finally, this study suggests that the use of volcanic granular material in the substrate of flexible pavements in Puno can have a positive impact on the quality and durability of road infrastructure.

Key words: Improvement; Fine soils; Volcanic rocks; Subgrade; Flexible pavements

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene muchos tipos de suelos que no son aptos para caminar porque son menos duraderos y menos permeables, además de de corta duración y requieren altos costos de mantenimiento anual. En este sentido, es necesario ofrecer soluciones técnicas encaminadas a aumentar la capacidad portante del subsuelo, mejorando así la consistencia del subsuelo a partir de una distribución uniforme de las cargas. En la parte indicada de este estudio el suelo no tiene buena capacidad de carga porque es muy fino y contiene

materia orgánica (Escobar et al., 2020). En tercer lugar en cuanto a carreteras nacionales se encuentra la región de Puno, seguida de Cusco y Arequipa, debido a que tiene una longitud de más de 5.000 kilómetros y las vías son muy inestables, lo que hace que los procesos de mantenimiento muchas veces sean costosos en diferentes momentos. Desconociendo las características del fundamento del camino o, en el mejor de los casos, realizando una investigación del suelo de acuerdo con las especificaciones técnicas del ingeniero civil. Introducir tecnologías innovadoras para la estabilización de suelos significa brindar soluciones correctas y apropiadas para las vías urbanas y las vías de acceso (Mamani, 2019). La ceniza volcánica es material piroclástico suelto que fluye de los respiraderos volcánicos durante las erupciones de las calderas. Se compone de pequeños fragmentos de lava silíceo de grano fino, blanca, blanda, friable y friable. (Suárez y Urgiles, 2010). Los piroclastos son expulsados a grandes distancias del volcán y se denominan tefra, escoria o bolas volcánicas, según su tamaño. Según Salager (2007), la detección de partículas implica el uso de técnicas y métodos para determinar el tamaño de una población de partículas, ya que son fracciones sólidas o líquidas de la materia. En este estudio, se trata de partículas de roca. Tahuiton (2010) afirmó que el tamaño de partícula incluye la distribución de partículas por diferentes tamaños, expresada como porcentaje del índice acumulado y con base en el diámetro de la rejilla utilizada para medir las partículas. Se conoce como estabilización al proceso de mejora del comportamiento del suelo (propiedades mecánicas) reduciendo su sensibilidad al agua y al tráfico rodado, cambiando significativamente sus propiedades y aumentando con ello su resistencia y estabilidad a largo plazo. (Bada, 2016, p. 16). Siguiendo esta idea, nos permitimos plantearnos la siguiente pregunta: Como pregunta general ¿cuál es el comportamiento estabilizador del suelo de grano fino al incorporar a la mezcla rocas volcánicas granulares a nivel de sustratos de pavimentos flexibles, Puno, 2023? ;Como pregunta específica Estabilización de suelos finos mediante mezcla de rocas volcánicas granulares a nivel de subrasante de

pavimentos flexibles, ¿cuál es la composición mineralógica de las rocas volcánicas, Puno, 2023? ¿Cuál es el desgaste en Los Ángeles? Base de Pavimento Flexible Mezcla de Roca Volcánica Granulada, Puno 2023? Mejorar la estabilización de suelos finos mediante la incorporación de roca volcánica granular a la mezcla a nivel de pavimento flexible ¿Qué es Proctor, Puno, 2023? El objetivo general es determinar el comportamiento de la calzada cuando se agrega roca volcánica granular al pavimento flexible para estabilizar suelos finos Puno, 2023, y específicamente determinar la composición mineral de la roca volcánica granular agregada a la mezcla para estabilizar suelos de grano fino. roca. la tierra. suelo a nivel subterráneo del Pavimento Flexible Puno. , 2023, Determinación de Desgaste Ángel de Mezclas Granulares Subterráneas de Roca Volcánica para Pavimentos Flexibles, Puno 2023, y Determinación de Parámetros Proctor para Incorporación de Roca Volcánica a Mezclas Granulares Base, Pavimentos Flexibles, Puno 2023.

MÉTODO

En este apartado se presentan los aspectos metodológicos para el desarrollo de la investigación:

La investigación es de tipo aplicada, experimental, cuantitativo para la cual se utilizó el método de observación directa. Siendo el muestreo no probabilístico. La investigación se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar, se realizó la observación de la muestra de estudio de esta forma permitiendo visualizar la problemática. Luego se llevó a cabo la exploración de los suelos y la toma de las muestras en las calicatas, para así ejecutar los ensayos de laboratorio y el análisis granulométrico. Los ensayos se realizaron según corresponde el CBR con el fin de saber los parámetros para la caracterización del suelo, todo esto según la norma ASTM.

Proctor Modificado, es para determinar la humedad óptima a la que se alcanza la máxima densidad se diseña el ensayo propuesto por Proctor; Consiste en compactar el suelo en un molde con un martillo; que se suelta desde una distancia. (Chicaiza & Oña, 2018). Para ello con la parte inferior se ajustó, comprimió y niveló la muestra en el molde, luego se colocó el hombro y disco separador. Una vez realizado se procede a la compactación de la muestra, esto mediante un compactador dinámico. Posterior a ello se le coloca una placa perforada con barras y anillos.

Además, se agregó la roca volcánica en porcentajes y finalmente se diseñó el espesor de la subrasante.

Su construcción es variable y puede ser de material granular o cohesivo, pero en caso de sufrir daños puede ser reemplazado por materiales seleccionados o estandarizados para asegurar un comportamiento adecuado al transportar cargas de tránsito. El material se puede estabilizar (Gongora, 2019). La capacidad de deformación de la base de la carretera determina la buena capacidad portante del suelo y, por lo tanto, es un requisito previo para rechazar o aceptar el material base. Un sustrato altamente deformable requiere un mayor espesor de capa para formar el recubrimiento. Esto permite una distribución adecuada de la carga del tráfico. Por estas razones, la investigación debería considerar esta propiedad a la luz de sus efectos asociados (Gomez de Santos, 2019).

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos realizados.

Composición del suelo natural

Tabla 1. Resultados de la composición elemental del suelo natural

Composición química (%)		Método
Calcio	31.14	Espectrometría de fluorescencia de rayos X para energía dispersiva
Silicio	25.91	
Magnesio	15.48	
Aluminio	14.31	
Hierro	6.94	
Potasio	4.72	
Titanio	0.78	
Azufre	0.41	
Manganeso	0.16	
Estroncio	0.07	
Circonio	0.05	
Vanadio	0.03	

Tabla 2. Resultados de la composición en óxidos del suelo natural

Composición química (%)		Método
Oxido de silicio	36.58	Espectrometría de fluorescencia de rayos X para energía dispersiva
Oxido de calcio	23.69	
Oxido de aluminio	16.93	
Oxido de magnesio	13.10	
Óxido de hierro	4.93	
Oxido de potasio	3.26	
Oxido de titanio	0.67	
Oxido de azufre	0.62	
Oxido de manganeso	0.11	
Oxido de estroncio	0.05	
Oxido de circonio	0.04	
Oxido de vanadio	0.03	

Composición de la roca volcánica

Tabla 3. Resultados de la composición elemental de la roca volcánica

Composición química (%)		Método
Hierro	68.30	Espectrometría de fluorescencia de rayos X para energía dispersiva
Manganeso	11.62	
Bario	9.96	
Silicio	6.40	
Azufre	2.13	
Calcio	0.53	
Estroncio	0.45	
Fosforo	0.28	
Potasio	0.19	
Cobre	0.10	
Cromo	0.04	

Tabla 4. Resultados de la composición en óxido de la roca volcánica

Composición química (%)		Método
Óxido de hierro	67.29	Espectrometría de fluorescencia de rayos X para energía dispersiva
Oxido de manganeso	10.34	
Oxido de bario	7.66	
Oxido de silicio	9.43	
Óxido de azufre	3.67	
Oxido de calcio	0.51	
Oxido de estroncio	0.37	
Oxido de fosforo	0.45	
Oxido de potasio	0.16	

Oxido de cobre	0.09
Oxido de cromo	0.04

Ensayo de abrasión de los ángeles

Tabla 5. Granulometría antes y después del ensayo de abrasión de los ángeles

MUESTRA		POSTERIOR A LA ABRASIÓN	ANTES DE LA ABRASIÓN
TAMIZ (CON ABERTURA CUADRADA)		MASA	MASA
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	(gr)	(gr)
-----	37.50 mm (1 1/2")	0.00	0.00
37.50 mm (1 1/2")	25.00 mm (1")	190.19	1252.85
25.00 mm (1")	19.00 mm (3/4")	161.59	1251.96
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	185.46	1253.47
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	142.11	1251.20
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")	227.06	
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)	288.99	
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	148.23	
2.36 mm (N°8)	2.00 mm (10")	429.52	
N° 16	N° 30	790.60	
N° 30	N° 40	391.18	
N° 40	N° 50	399.92	
N° 50	N° 100	999.30	
N° 100	N° 200	463.61	
N° 200	FONDO	191.33	
		5,009.09	

Tabla 6. Determinación del porcentaje de desgaste

QUE PASA	RETENIDO SOBRE	PESO (kg)
37.50 mm (1 1/2")	25.00 mm (1")	1252.85
25.00 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1251.96
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	1253.47
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	1251.20
NÚMERO DE REVOLUCIONES		500
CARGA ABRASIVA		12
PESO SECO INICIAL (gr.)		5009.48
PESO SECO RETENIDO EN LA MALLA N°12 (gr.)		1819.40
PÉRDIDA (gr.)		3190.08
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)		63.68

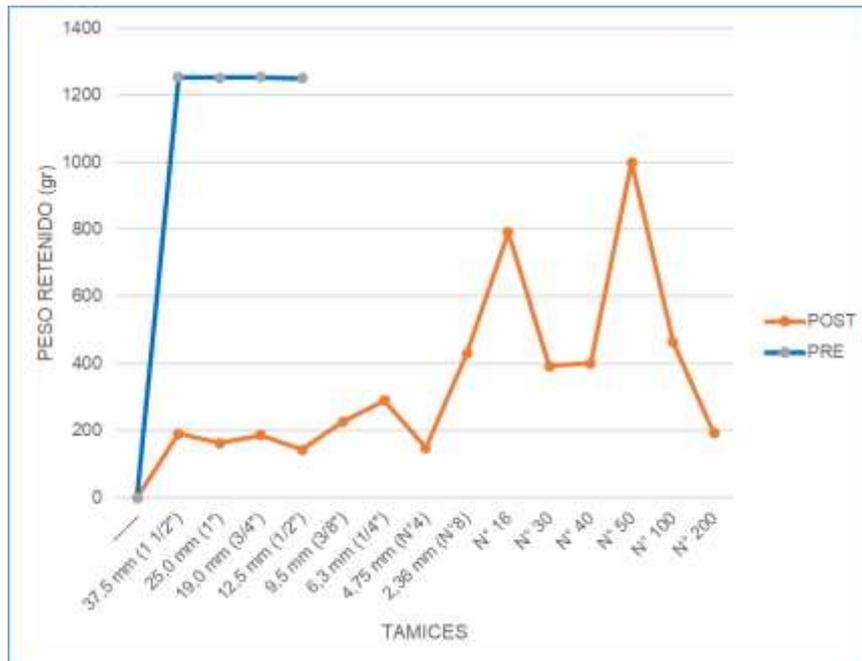


Fig. 1. Curva granulométrica del ensayo de abrasión de los ángulos

En el ensayo el desgaste fue de 63.68, con un valor de pérdida de peso superior al 50%, por lo que es deficiente y cuenta con una calidad baja siendo un material abrasivo.

Ensayo de Proctor modificado al suelo natural

Tabla 7. Valores del ensayo de próctor modificado

VOLUMEN DE MOLDE		943.69 cm ³				
PRUEBA		2%	4%	6%	8%	10%
Peso del molde	gr	3924.50	3929.50	3887.60	3907.80	3982.60
Peso del suelo + molde	gr	5645.10	5683.10	5703.10	5784.70	5929.90
Peso del suelo húmedo	gr	1720.60	1753.60	1815.50	1876.90	1947.30
Peso del suelo húmedo	gr	268.90	313.40	357.10	234.30	412.00
Peso del suelo seco + compactado	gr	266.93	310.50	347.50	223.70	385.00
Peso de la tara	gr	105.10	105.30	104.60	104.70	197.80
Peso del agua	gr	1.97	2.90	9.60	10.60	27.00
Peso del suelo seco	gr	161.83	205.20	242.90	119.00	187.20
Contenido de agua	%	1.22	1.41	3.95	8.91	14.42
Densidad del suelo	gr/cm ³	1.82	1.86	1.92	1.99	2.06
Densidad del suelo	gr/cm ³	1.80	1.83	1.85	1.83	1.80

MÁXIMA DENSIDAD SECA
(gr/cm³)

1.85

Humedad Óptima - OCH (%)

6%

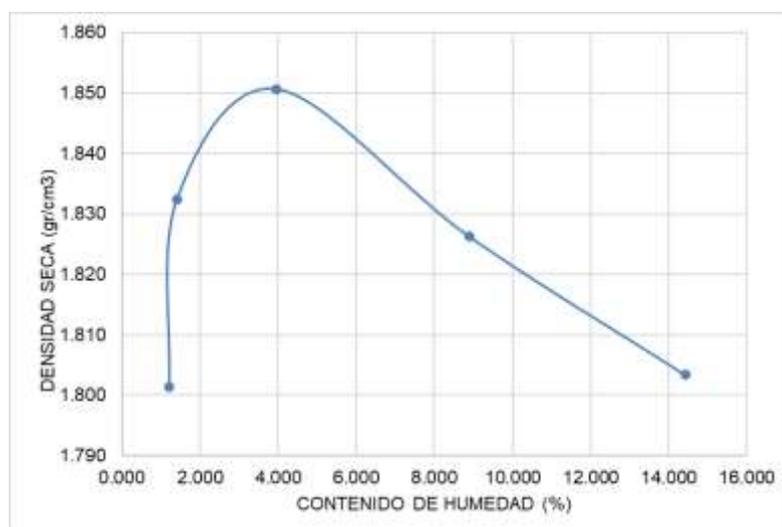


Fig. 2. Curva del ensayo del próctor modificado

Según la gráfica de la curva del próctor modificado del suelo natural, su MDS es 1.85gr/cm³ y su humedad óptima es 4%.

Ensayo de próctor modificado con 10%

Tabla 8. Valores del ensayo de próctor modificado con 10%

VOLUMEN DEL MOLDE		943.29 cm ³	4%	6%	8%	10%
Peso del molde	gr	3813.10	3936.20	3931.70	3982.40	3934.50
Peso del suelo + molde	gr	5806.80	5959.10	6015.50	6162.20	6206.30
Peso del suelo húmedo	gr	1993.70	2022.90	2083.80	2179.80	2271.80
Peso del suelo húmedo	gr	419.00	520.30	335.90	510.70	431.70
Peso del suelo seco + compactado	gr	412.40	508.30	324.80	486.20	408.80
Peso de la tara	gr	199.80	199.70	118.50	199.80	199.90
Peso del agua	gr	6.60	12.00	11.10	24.50	22.90
Peso del suelo seco	gr	212.60	308.60	206.30	286.40	208.90
Contenido de agua	%	3.10	3.89	5.38	8.55	10.96
Densidad del suelo	gr/cm ³	2.11	2.14	2.21	2.31	2.41
Densidad del suelo	gr/cm ³	2.05	2.06	2.10	2.13	2.17

MÁXIMA DENSIDAD SECA

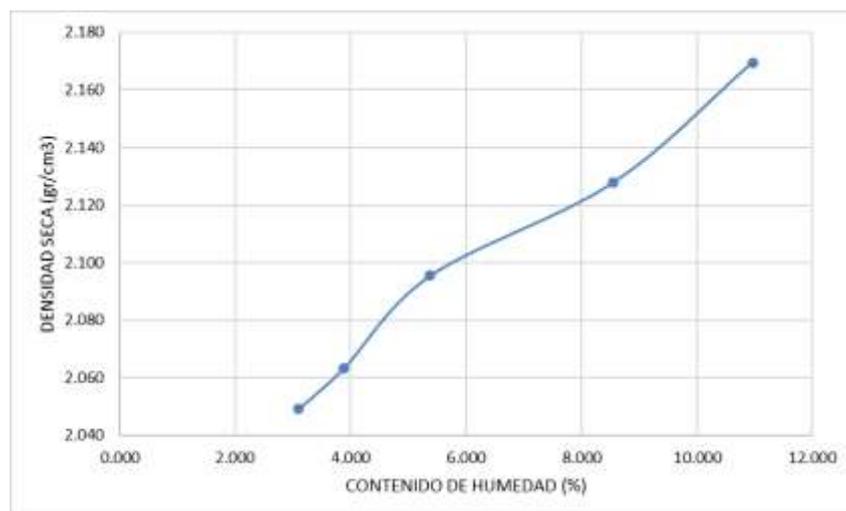


Fig. 3. Curva del ensayo del próctor modificado con 10%

Según la gráfica de la curva del próctor modificado del suelo con 10% de roca volcánica, su MDS es 2.17gr/cm³ y su humedad óptima es 11%.

DISCUSIÓN

La investigación planteó incorporar la roca volcánica para la optimización del comportamiento de la subrasante, lo cual esto concuerda con Ruano (2012) este menciona que dicho material estabiliza las subrasantes logrando así mayor estabilidad en la superficie del suelo.

Cambios en el suelo incorporado con melaza de caña de azúcar, Proctor, Sullana

- Piura, 2022, una pequeña disminución en la densidad seca máxima y una disminución en la cantidad de agua requerida está de acuerdo con Huamán (2021), quien demuestra que la resistencia a la carga aumenta la vida del sustrato al mejorar la consistencia del sustrato. La vida útil y la humedad del pavimento se gestionan adecuadamente..

CONCLUSIONES

La introducción de roca volcánica granulada en la subrasante se revela como una estrategia efectiva para optimizar el comportamiento de los suelos finos en pavimentos flexibles en Puno.

El análisis mineralógico de la roca volcánica granulada utilizada para estabilizar los suelos finos en la subrasante de pavimentos flexibles en Puno, indica una composición rica en elementos como calcio, silicio, magnesio, aluminio, hierro y potasio, así como en óxidos de los mismos elementos, lo que sugiere su idoneidad como agente estabilizador.

Los resultados de la prueba de abrasión de los ángeles en la mezcla de roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles en Puno, indican un desgaste significativo, con un valor de pérdida de peso superior al 50%, lo que denota una baja calidad y alta abrasividad de los agregados utilizados.

La incorporación de un 10% de roca volcánica en la subrasante de pavimentos flexibles en Puno, conduce a una mejora sustancial en la calidad de compactación de los suelos finos. El ensayo de Proctor modificado revela que la densidad máxima seca aumenta de 1.85 gr/cm³ a 2.17 gr/cm³, mientras que la humedad óptima se eleva del 4% al 11%, lo que subraya su efectividad como técnica de mejora de suelos.

CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

Bada, D. F. (2016). Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na. [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego].

Chicaiza, & Oña. (2018). Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19624>

Escobar et al., (2020). Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Retrieved from https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18221/ESCOBAR_SULCA_JUAN_%20ESTABILIZACION_SUBRASANTE_ARCILLOSA.pdf?sequence=1

Gomez de Santos, C. (2019). Comportamiento Geotécnico de Suelos Arcillosos Compactados, Respuesta a Cargas Estáticas y Dinámicas. 391.

Gongora Velasquez, C. K. (2019). Influencia de la Cal y el Cemento Portland Tipo I en la Subrasante de la Trocha del Distrito de Chilla, Provincia de Pataz - 2019. Trujillo.

Huamán, (2021). Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para pavimento flexible en la Av. Las Torres, distrito Lurigancho, Lima -2021 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100205>

Mamani (2019). "Estudio geotécnico de la subrasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2019" [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. URL: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1626/Mamani-Romani->

Ramos-Vilca.pdf?sequence=1

Mora, C., Franco, C. A., & Cortés, F. B. (2013). "Uso de nanopartículas de sílice para la estabilización de finos en lechos empacados de arena Ottawa" *Informador técnico*, 77(1), 27. DOI: <https://doi.org/10.23850/22565035.42>

Ruano, D. R. (2012). Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3447_C.pdf

Salager, F. (2007). Granulometría: Métodos y técnicas para la determinación del tamaño de partículas. *Revista de Ciencias Geológicas*, 45(2), 123-135.

Suarez, A. E., & Urgiles, M. P. (2010). Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana. Universidad de Cuenca Retrieved from
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/715/1/ti844.pdf?fbclid=IwAR2tyKksHbrCf0rwnzm9VEYDNNikGIBtW18oarihW0bZP2F0EUTVMbB8x70>

Tahuiton, R. (2010). Análisis granulométrico: Indicadores acumulados y medición de partículas. *Libro de Ciencias de la Tierra*, 256-275.

