



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**USO DE GEOCELDAS DE POLIETILENO EN SUELOS  
EXPANSIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN:  
CASO PERUANO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA CIVIL**

**Autores**

Barrenechea Puican, Valeria

(<https://orcid.org/0009-0006-7348-8408>)

Farfan Briceño, Willy Juan David

(<https://orcid.org/0000-0001-5073-887X>)

**Docente**

Ing. Villegas Granados, Mariano

(<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>)

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2025**

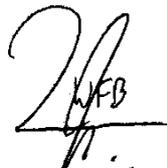
**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quienes suscriben la **DECLARACIÓN JURADA**, somos egresados del Programa de Estudios de la Escuela **profesional de INGENIERIA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

**USO DE GEOCELDAS DE POLIETILENO EN SUELOS EXPANSIVOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN:  
CASO PERUANO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Barrenechea Puican Valeria	DNI: 78346979	
Farfan Briceño Willy Juan David	DNI: 72640072	

Pimentel, 16 de diciembre del 2024

## 6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

### Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Dedicatoria

Dedicamos el presente trabajo de investigación de manera especial y con profundo reconocimiento a nuestras madres, cuya entrega incondicional, labor ardua y sacrificio han sido pilares fundamentales en la consecución de nuestros logros. Les agradecemos a ellas por brindarnos un apoyo total. Asimismo, extendemos esta dedicación a todas aquellas personas que generosamente compartieron sus conocimientos y ofrecieron su respaldo, así como también nos tuvieron presente en sus oraciones permitiendo que este estudio se lleve a cabo de manera íntegra y exitosa.

## Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestras madres por respaldarnos en esta travesía de formación académica juntos. Asimismo, deseamos expresar una gratitud especial y profunda hacia nuestros docentes que nos acompañaron en este trayecto, cuya generosidad al compartir sus amplios conocimientos y valores han sido esencial para nuestra capacidad de desarrollar el presente trabajo de investigación, perfilándonos como unos futuros profesionales con habilidades destacadas. No podemos dejar de hacer mención a nuestras familias, quienes siempre nos han alentado a seguir avanzando, brindándonos valiosas lecciones incluso en momentos de desafíos. Su respaldo ha sido fundamental en nuestro camino hacia el logro académico y profesional.

## ÍNDICE

Resumen .....	7
Abstract .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática .....	9
1.2. Trabajos previos .....	10
1.3. Formulación del problema .....	11
1.4. Hipótesis .....	11
1.5. Justificación .....	11
1.6. Objetivos.....	11
1.7. Teorías relacionadas al tema .....	12
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	13
III. RESULTADOS .....	13
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	14
V. ANEXOS.....	16
VI. REFERENCIAS .....	17

## **Resumen**

Los suelos arcillosos expansivos, conocidos por su capacidad de hincharse y contraerse con cambios en la humedad, presentan desafíos significativos para la infraestructura, especialmente en la región de Lambayeque, Perú. Este estudio evalúa el uso de geoceldas de polietileno y residuos de demolición como materiales de relleno para mejorar las propiedades de estos suelos. Las geoceldas actúan como un refuerzo estructural, aumentando la capacidad de soporte y la estabilidad del suelo. Además, el uso de residuos de demolición contribuye a una solución más sostenible al reducir la necesidad de recursos naturales y minimizar los impactos ambientales. A través de pruebas de compactación y el índice CBR, se demostró que las geoceldas de polietileno mejoran significativamente las propiedades mecánicas del suelo expansivo, especialmente cuando se utiliza el relleno de residuos de concreto. Los resultados sugieren que las geoceldas de 2 pulgadas (D2) ofrecen mejores resultados en términos de compactación y capacidad de soporte que las geoceldas de 4 pulgadas (D4). Este enfoque combina la mejora de las características geotécnicas de los suelos con una gestión eficiente de los residuos, contribuyendo tanto a la sostenibilidad ambiental como económica.

**Palabras clave:** Suelos expansivos, geoceldas de polietileno, residuos de demolición, compactación, capacidad de soporte, sostenibilidad, Lambayeque.

## **Abstract**

Expansive clay soils, known for their swelling and shrinkage properties due to moisture content changes, pose significant challenges for infrastructure, especially in the Lambayeque region of Peru. This study evaluates the use of polyethylene geocells and demolition waste as filler materials to improve the properties of these soils. Geocells serve as structural reinforcement, enhancing the load-bearing capacity and stability of the soil. Furthermore, using demolition waste offers a sustainable solution by reducing the need for natural resources and minimizing environmental impacts. Through compaction tests and the California Bearing Ratio (CBR), it was demonstrated that polyethylene geocells significantly improve the mechanical properties of expansive soils, especially when concrete demolition waste is used as filler. The results suggest that 2-inch (D2) geocells yield better results in terms of compaction and load-bearing capacity compared to 4-inch (D4) geocells. This approach combines the enhancement of soil geotechnical characteristics with efficient waste management, contributing to both environmental and economic sustainability.

**Keywords:** Expansive soils, polyethylene geocells, demolition waste, compaction, load-bearing capacity, sustainability, Lambayeque.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Un suelo arcilloso expansivo o en otros países denominado suelo de algodón negro es aquel que experimenta grandes cambios volumétricos en respuesta a cambios en el contenido de humedad. Este tipo de suelos se puede encontrar en todo el mundo [1, 2, 3, 4]. Entre los diversos enfoques, las geoceldas se han identificado como una técnica eficaz de refuerzo del suelo para mejorar el comportamiento de subrasantes blandas [5, 6, 7, 8]. Esto debido a que el desarrollo de la infraestructura de transporte proporciona un desarrollo general de la economía del país, lográndose mejorando la calidad y longevidad de las carreteras [9, 10].

Por otra parte, frente a los problemas que acontecen este tipo específico de suelos, Los materiales geosintéticos son una solución sustentable en pavimentos, mejorando la estabilidad del suelo y el drenaje [11, 12, 13]. Su uso reduce la necesidad de recursos naturales como agregados, permitiendo un uso más sostenible de materiales convencionales. Además, tienen mayor vida útil y menor huella de carbono en comparación con materiales tradicionales [14]. Como anteriormente, se mencionó el uso de geoceldas el cual es un tipo de geosintético. El uso de geoceldas y los métodos para mejorar las propiedades de los suelos débiles, especialmente los aplicados en la ingeniería de pavimentos y cimientos, se han estudiado durante las últimas décadas [15]. Sin embargo, existen lagunas de investigación sobre la aplicación de geoceldas de polietileno [16] utilizando como relleno residuos de demolición para mejora a nivel de subrasantes de un tipo de suelo problemático (suelo arcilloso expansivo).

Por otra parte, otra problemática actual es el rápido crecimiento en economías emergentes ha incrementado los residuos industriales, con la construcción representando el 50% del volumen en vertederos. Esta industria genera alrededor del 7% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, y se prevé que sus emisiones de GEI aumenten un 10% para 2060 [17]. La aplicación de residuos de construcción y demolición (C&D) usados en la ingeniería geotécnica contribuye a la demanda del desarrollo sostenible [18, 19, 20].

En el departamento de Lambayeque, los suelos arcillosos expansivos presentan serios problemas para la infraestructura debido a su alta capacidad de hinchamiento y contracción, lo que genera movimientos diferenciales en el terreno y afecta la estabilidad de las edificaciones. Estas condiciones adversas aumentan el riesgo de grietas y deformaciones en estructuras. Además, el manejo de residuos de demolición en la región representa otro desafío, ya que el creciente volumen de desechos provenientes de la construcción y demolición agrava los problemas de disposición final y genera impactos ambientales. Aprovechar estos residuos como material de construcción alternativo, como en la mejora de suelos o subbases de carreteras, podría ofrecer una solución sostenible para mitigar los problemas estructurales y ambientales en la zona.

## 1.2. Trabajos previos

De acuerdo a diversos trabajos previos se consideran los siguientes, según Luo et al. [21] la investigación científica tuvo como objetivo general evaluar el efecto del refuerzo con geoceldas en la subrasante de arcilla roja. La metodología incluyó tres planes de tratamiento y pruebas de campo usando la viga Benkelman, un deflectómetro portátil de peso descendente, un penetrómetro de cono dinámico y pruebas de carga de vehículo. Los resultados mostraron que el uso de geoceldas mejora significativamente la rigidez y la resistencia de la subrasante; con refuerzos de 0,1 m y 0,05 m, el módulo de rebote aumentó un 65% y 33%, el módulo dinámico un 69% y 38%, y la penetración disminuyó un 51,7% y 40,4%, respectivamente. Se concluye que el refuerzo forma una capa de cáscara dura que mejora la distribución de tensiones y reduce la profundidad de la influencia de la carga.

Juneja y Sharma [22] en su investigación tuvo como propósito general investigar el comportamiento de una zapata cuadrada sobre una capa base reforzada con geoceldas y distintos materiales de relleno en una subrasante de arcilla blanda. La metodología combinó modelado numérico y pruebas experimentales con tres materiales de relleno (arena, agregados y desechos de demolición) compactados a 50% y 70% de densidad. Se usaron geoceldas con diferentes distancias de soldadura (330, 356 y 445 mm). Los resultados mostraron que el refuerzo con geoceldas aumentó significativamente la capacidad de carga, reduciendo el asentamiento en un 81,3% con desechos, 79,8% con agregados y 71% con arena. Las simulaciones numéricas con ABAQUS confirmaron los hallazgos experimentales. Conclusión: el uso de desechos de construcción como relleno mejora la estabilidad y reduce el levantamiento de la superficie, optimizando la capacidad de carga.

Asha y Divya [23] en su estudio científico tuvo como finalidad evaluar la viabilidad de utilizar materiales de desecho para la construcción de carreteras en condiciones no reforzadas y reforzadas con geoceldas. La metodología incluyó estudios experimentales en un tanque de acero (750 mm × 750 mm) con una prueba de carga de placa sobre secciones de 400 mm de altura, compactadas al 85% de densidad relativa y reforzadas con geoceldas de 100 mm. Se probaron cuatro materiales de desecho: residuos de demolición, cenizas de estanques, polvo de cantera y fragmentos de neumáticos, combinados en distintas proporciones. Los resultados mostraron que las cenizas de estanque son las más adecuadas para pavimentos, al soportar mayor presión y reducir el levantamiento superficial. Conclusión: el uso de cenizas de estanque en secciones reforzadas mejora la estabilidad y ofrece una solución sostenible para la gestión de residuos en infraestructuras viales.

Merhrjadi et al. [24] en su investigación científica tuvo propósito evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los residuos de construcción y demolición (RCD) en Teherán para su posible uso en la construcción de carreteras como subbase. La metodología incluyó pruebas físicas, como clasificación del suelo, límites de Atterberg, compactación modificada, índice de carga de

California y corte directo, comparando los resultados con estándares viales. Además, se realizaron pruebas de carga de placa cíclica para analizar el efecto del refuerzo con geoceldas. Los resultados mostraron que las propiedades de los RCD cumplían con la mayoría de los criterios estándar. Aunque la capacidad de carga cíclica de los RCD fue un 20-40% menor que la del material estándar, el uso de geoceldas mejoró significativamente la respuesta cíclica, acercándola al agregado natural y aumentando la capacidad de carga.

### **1.3. Formulación del problema**

¿En qué medida el uso de geoceldas de polietileno y relleno de residuos de demolición produce efectos positivos en suelos expansivos?

### **1.4. Hipótesis**

El uso de geoceldas de polietileno y relleno de residuos de concreto si produce efectos positivos en suelos expansivos.

### **1.5. Justificación**

Este trabajo se justifica porque pretende demostrar la viabilidad y la eficacia de la geocelda de polietileno de alta densidad (HPDE) utilizando como relleno residuos de demolición, lo que eventualmente podrá argumentar la metodología de diseño de rellenos estructurales en el norte del Perú. Es importante y justificado debido a los desafíos específicos que enfrenta la ciudad de Lambayeque, Perú, con sus suelos arcillosos expansivos. Estos suelos tienden a hincharse y contraerse con cambios en la humedad, lo que provoca daños en la infraestructura. El uso de geoceldas de polietileno ofrece una solución innovadora para mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de los suelos, al proporcionar un refuerzo estructural efectivo. Además, el empleo de residuos de demolición como material de relleno no solo contribuye a la sostenibilidad al reducir la necesidad de materiales vírgenes, sino que también aborda el problema creciente de la gestión de residuos en la región, promoviendo una construcción más ecológica y económica.

### **1.6. Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Evaluar el uso de geoceldas de polietileno y relleno de residuos de demolición de concreto en suelos expansivos.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar las características físicas y mineralógicas de los residuos de demolición de concreto y suelos expansivos.
- Evaluar el impacto de la geocelda HPDE (diámetros 2" y 4"; alturas 0.10, 0.20 m) rellena con residuos de demolición de concreto en la compactación de suelos expansivos.

- Determinar el impacto de la geocelda HPDE (diámetros 2" y 4"; alturas 0.10, 0.20 m) rellena con residuos de demolición de concreto en la capacidad de soporte de suelos expansivos.
- Comparar el efecto de costo-beneficio en el suelo expansivo reforzado con geocelda HPDE con relleno de residuos de demolición de concreto.

### **1.7. Teorías relacionadas al tema**

Los geosintéticos han surgido como soluciones innovadoras, eficientes y rentables para una gran variedad de desafíos de ingeniería en la construcción. Amplias aplicaciones de los geosintéticos en la construcción, abarcan sistemas de revestimiento para vertederos, barreras de zonas de contención, terraplenes, filtros, sistemas de drenaje de pavimentos, estabilización de taludes, refuerzo para cimientos superficiales y barreras en presas de tierra. Actualmente, se emplean muchas técnicas de refuerzo de suelos con geosintéticos para mejorar las propiedades de los suelos débiles y reducir los posibles daños que causan [12].

Desde la década de 1970, las geoceldas se han utilizado ampliamente en diversas aplicaciones de ingeniería geotécnica. La idea de un sistema de confinamiento celular fue desarrollada originalmente por el cuerpo de ingenieros del ejército de los EE. UU. para facilitar el transporte de vehículos militares sobre subrasantes débiles [29, 30].

Las geoceldas son geosintéticos tridimensionales que presentan características distintas a las de los geotextiles [31].

La forma geométrica de las geoceldas: también ha sufrido varias transformaciones, desde cuadradas, circulares, rectangulares, en forma de diamante y hexagonales hasta panal de abeja [29].

Profundidad de empotramiento de las geoceldas: la colocación poco profunda restringe la movilización de un confinamiento adecuado dentro de las geoceldas y la fricción de la interfaz en la parte superior e inferior de la capa de geoceldas debido a la reducción de la tensión normal debido a la sobrecarga [29].

Los suelos expansivos, a menudo ricos en montmorillonita y otros minerales arcillosos hinchables, experimentan importantes cambios de volumen debido a las variaciones de humedad. La composición mineralógica de estos suelos es esencial para su comportamiento expansivo, ya que los minerales arcillosos como la esmectita son muy hidrófilos y pueden absorber grandes cantidades de agua, lo que provoca su hinchamiento. Esta característica requiere pruebas exhaustivas para evaluar los riesgos de estabilidad de las infraestructuras [32, 33].

El potencial de hinchamiento de un suelo depende básicamente de su composición mineral junto con el contenido de humedad y la densidad in situ. La permeabilidad del suelo también afecta la tasa de hinchamiento en el sitio. En general, las arcillas con índices de plasticidad > 25%, límites líquidos > 40% y contenido de agua natural cerca del límite plástico o menos tienen más probabilidades de hincharse. Con base en los límites de Atterberg, el grado de expansión de un suelo se puede clasificar. De manera similar, según la ASTM D4829-11, el grado de expansión puede ser muy bajo (EI = 0–20), bajo (EI = 21–50), medio (EI = 51–90), alto (EI = 91–130) y muy alto (EI > 130), donde EI es el índice de expansión [34].

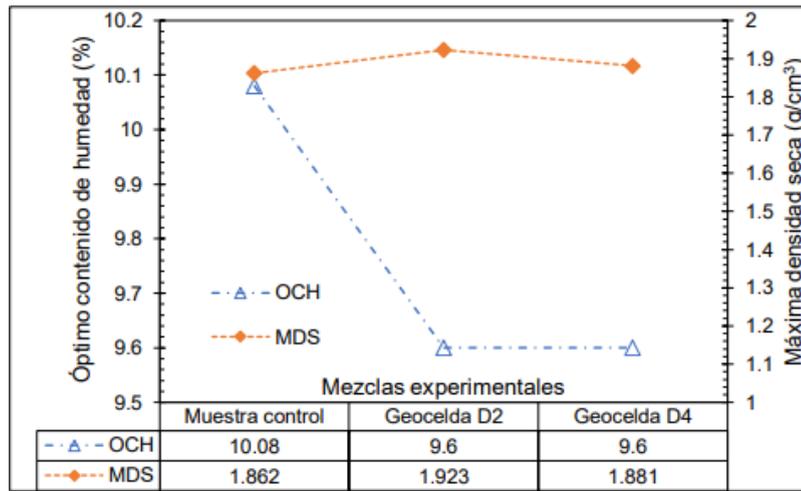
La presencia y abundancia de varios elementos o iones disueltos afectan los potenciales de hinchamiento y contracción de las arcillas. Los tipos de minerales arcillosos presentes en los suelos se pueden identificar de diferentes maneras (es decir, examen microscópico, difracción de rayos X, análisis térmico diferencial, análisis infrarrojo, análisis de adsorción de tinte, análisis químico). Algunos de los minerales arcillosos que exhiben un comportamiento de hinchamiento incluyen esmectita, bentonita, montmorillonita, beidellita, vermiculita, atapulgita, nontronita y clorita.

## **II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio utilizó un enfoque de investigación cuantitativa documental, en el que se recopiló información relevante sobre el uso de geoceldas de polietileno en suelos expansivos. El enfoque de investigación aplicada aborda la exploración de métodos específicos para resolver problemas concretos, como es el caso de la aplicación de geoceldas de HDPE en la estabilización de suelos expansivos en vías. La búsqueda de datos se realizó a través de bases de datos científicas como Scopus, Scielo y ScienceDirect. Se analizó la información obtenida, clasificándola y comparando los resultados de estudios previos para establecer la relación entre las geoceldas y la mejora de las propiedades de suelos expansivos, especialmente en aplicaciones de pavimentación.

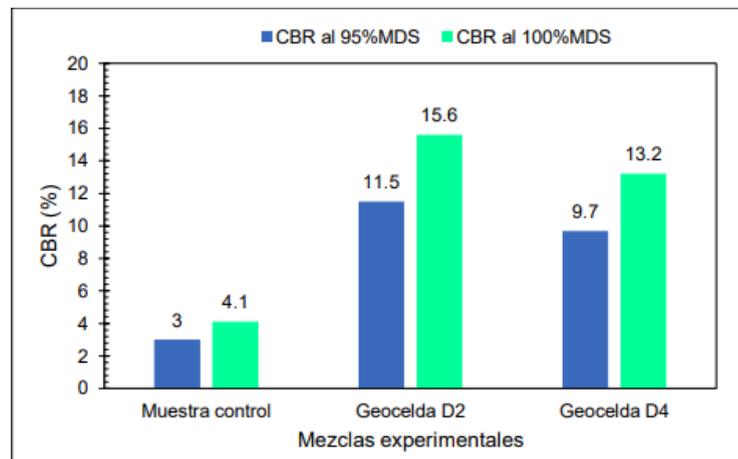
## **III. RESULTADOS**

En la figura 1 se puede observar los resultados que nos brindó la prueba de compactación realizado en el Distrito de Pimentel donde demuestra que el uso de geoceldas de tubos de PVC con distintos diámetros si influye en la densidad seca máxima (MDS) y también en el optimo contenido de humedad (OCH).



**Fig. 1:** Comparación de OSH y MDS en las muestras de suelo con y sin reforzamiento

Nota: En la Fig. 1 la muestra que se le reforzó con geocelda de 2" (D2) muestra un incremento en MDS del 3.28% y reduce el OCH en -4.76% lo que sugiere una mejor compactación por el confinamiento proporcionado. Así mismo la muestra con geocelda de 4" (D4) reduce la MDS al 1.02% y el OCH reduce en -4.76%; todo esto en comparación con la muestra control indicando una menor densificación. Obtenido de Pérez, J. (2024)



**Fig. 2:** Resultados de CBR en muestras de suelo con y sin reforzamiento.

Nota: En la Fig. 2 se muestra que las geoceldas mejoran el índice CBR del suelo de Pimentel. La geocelda 2" (D2) logra un aumento significativo del 283.33% al 95% de densidad máxima seca (MDS) y del 280.49% al 100% MDS, indicando un mejor confinamiento y distribución de carga. En contraste, la geocelda 4" (D4) presenta incrementos menores, del 223.33% al 95% MDS y del 221.95% al 100% MDS, atribuibles a un menor efecto de confinamiento lateral. Obtenido de Pérez, J. (2024)

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según el oe 1, las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo. Las pruebas de suelo de Pimentel ponen de manifiesto la heterogeneidad de la granulometría y de las

propiedades mecánicas. Los suelos arenosos de C-01 y C-03, delegados SM (A-2-4), presentan una elevada medida de arena fina, lo que disminuye su límite portante debido a la baja unión.

De acuerdo con el oe 2, se evaluó el impacto de la geocelda de tubo de PVC de 4 pulgadas de ancho sobre la compactación en la subrasante tratada; la utilización de geoceldas de tubo de PVC muestra un efecto destacado sobre la compactación del suelo.

Según el oe 3, se evaluó el impacto de la geocelda de tubo de PVC de 4» de ancho sobre el CBR de la subrasante tratada. Las pruebas de CBR demuestran que las geoceldas desarrollan más la oposición del suelo, siendo más exitosa la utilización de geoceldas D2 (2").

De acuerdo con el oe 4, la ventaja de ahorro de dinero de la geocelda basada en tubería de PVC con anchos de 2 y 4 pulgadas en la subrasante soportada.

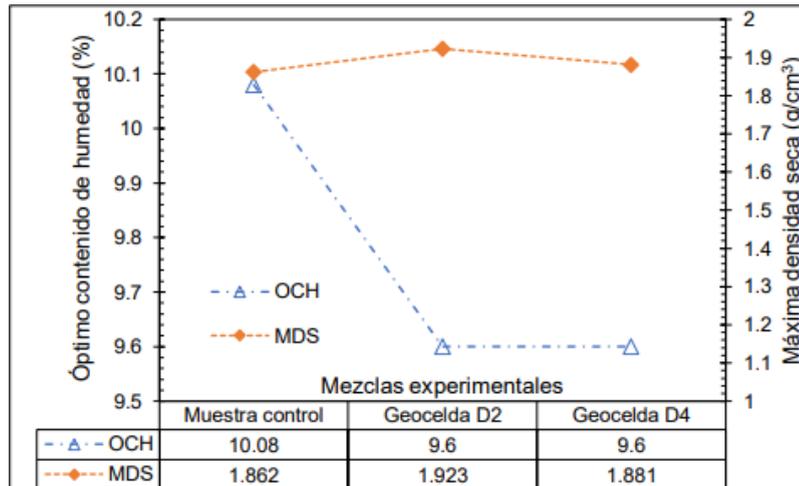
En vista de las amplias auditorías de los exámenes anteriores llevó a distinguir las cualidades granulométricas y propiedades mecánicas de las pruebas de suelo Pimentel, así como el impacto de la utilización de geoceldas de PVC con diversas medidas en el desarrollo posterior de la compactación del suelo y el límite de carga, se extrajeron las siguientes conclusiones:

Las pruebas de suelo de Pimentel muestran una fluctuación en su estructura granulométrica y propiedades mecánicas, con un predominio de suelos arenosos en C-01 y C-03, y una presencia más destacada de roca en C-02, lo que repercute en su límite portante y compactación.

La utilización de geoceldas de PVC de 2 pulgadas de medida desarrolla aún más la densificación del suelo, ampliando el espesor seco más extremo y el CBR en contraste con la geocelda de 4 de diámetro, debido a una mejor distribución de la carga y a un mejor confinamiento.

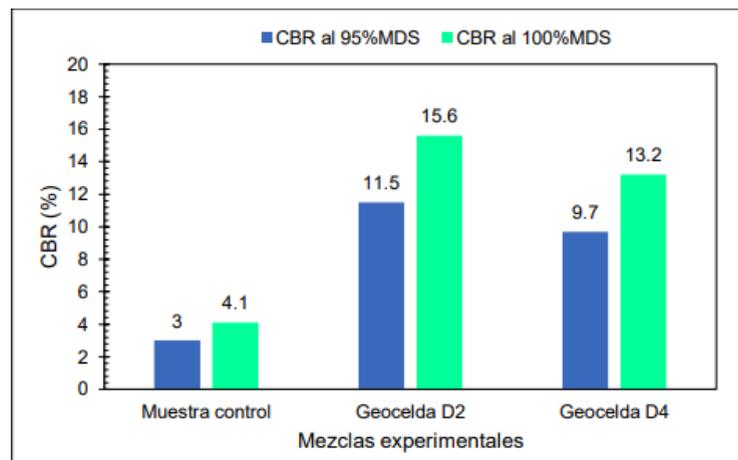
La geocelda de 4 pulgadas da menos mejora en el límite portante del suelo, presumiblemente debido a la mayor división entre los focos de unión, lo que disminuye la viabilidad en la compactación. En definitiva, las geoceldas con tuberías de PVC reutilizadas de mayor anchura son una opción especialmente indicada en proyectos centrados en la gestión natural y la reducción de costes, sobre todo en aplicaciones de carga moderada.

## V. ANEXOS



**Fig. 3:** Comparación de OCH y MDS en las muestras de suelo con y sin reforzamiento

Nota: En la Fig. 1 la muestra que se le reforzó con geocelda de 2" (D2) muestra un incremento en MDS del 3.28% y reduce el OCH en -4.76% lo que sugiere una mejor compactación por el confinamiento proporcionado. Así mismo la muestra con geocelda de 4" (D4) reduce la MDS al 1.02% y el OCH reduce en -4.76%; todo esto en comparación con la muestra control indicando una menor densificación. Obtenido de Pérez, J. (2024)



**Fig. 4:** Resultados de CBR en muestras de suelo con y sin reforzamiento.

Nota: En la Fig. 2 se muestra que las geoceldas mejoran el índice CBR del suelo de Pimentel. La geocelda 2" (D2) logra un aumento significativo del 283.33% al 95% de densidad máxima seca (MDS) y del 280.49% al 100% MDS, indicando un mejor confinamiento y distribución de carga. En contraste, la geocelda 4" (D4) presenta incrementos menores, del 223.33% al 95% MDS y del 221.95% al 100% MDS, atribuibles a un menor efecto de confinamiento lateral. Obtenido de Pérez, J. (2024)

## VI. REFERENCIAS

- [1] S. Kumar, A. K. Sahu and S. Naval, "Study on the Swelling Behavior of Clayey Soil Blended with Geocell and Jute Fibre," *Civil Engineering Journal*, vol. 7, no. 08, 2021.
- [2] K. H. Mamatha and S. V. Dinesh, "Performance evaluation of geocell-reinforced pavements," *International Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 13, no. 3, pp. 77-286, 2019.
- [3] G. Juneja and R. Sharma, "Numerical Study on the Behaviour of Geocell-Reinforced Sand Layer Overlying Soft Clay Subgrade," *Indian Geotechnical Journal*, vol. 53, p. 422–436, 2023a.
- [4] N. Tiwari, N. Satyam and A. Puppala, "Effect of Synthetic Geotextile on Stabilization of Expansive Subgrades: Experimental Study," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 33, no. 10, 2024.
- [5] M. Vibhoosha, A. Bhasi and S. A. Nayak, "Review on the Design, Applications and Numerical Modeling of Geocell Reinforced So," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 39, p. 4035–4057, 2021.
- [6] A. Menon, A. Bhasi and S. Konnur, "Experimental and Numerical Investigation of Column-Supported Soft Clays Reinforced with Basal Geocell," *Transportation Infrastructure Geotechnology*, vol. 11, p. 675–702, 2024.
- [7] S. Dandin, S. Sathe, M. Wagale and A. Jomde, "Utilizing PET bottles for sustainable cellular reinforcement: A study on enhancing fly ash backfill bearing strength with innovative geocell alternative," *Construction and Building Materials*, vol. 433, p. 136641, 2024.
- [8] Z. Zuo, X. Hao, H. Li, W. Wang, G. Yang and Y. Liu, "Experimental Investigations on the Tensile Mechanical Behavior of HDPE Geocell Strip," *Sustainability*, vol. 15, no. 10, p. 7820, 2024.
- [9] A. N. R. C. K. M. Ramesh, "Experimental Study on Geocell and of Fibre Reinforced Soil Subgrade Under Static and Repetitive Load," in (eds) *Geotechnics for Transportation Infrastructure*, Singapore, 2019.
- [10] K. P. S. A. Chatterjee and A. Kumar, "Geocells Applications in Enhancing Trafficability in Desert Soils," in (eds) *Geocells. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering*, Singapore, 2020.

- [11] R. C. Satyanarayana, T. T. Viswa and C. Vineel, "Cost Economics of Geocell Reinforced Flexible Pavements on Intermediate Compressible Clayey Subgrades," in *(eds) Transportation, Water and Environmental Geotechnics*, Singapore, 2021.
- [12] Chatrabhuj and K. Meshram, "Use of geosynthetic materials as soil reinforcement: an alternative eco-friendly construction material," *Discover Civil Engineering*, vol. 1, no. 41, 2024.
- [13] S. Bagli, "A Tryst with Geosynthetics," *Indian Geotechnical Journal*, vol. 52, p. 1003–1053, 2022.
- [14] K. K. Prakash and D. Rathod, "Role of Geogrids and Geofoams as Interlayers in Pavement Foundation System: A Review," *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2024.
- [15] I. Sheikh and M. Shah, "State-of-the-Art Review on the Role of Geocells in Soil Reinforcement," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 39, p. 1727–1741, 2021.
- [16] S. Kolathayar and C. Kumar, "Potential of Tire Waste as Infill Material in Geocells for Soil Retention Systems," in *eo-Congress 2019: Geoenvironmental Engineering and Sustainability (GSP 312)*, 2019.
- [17] S. Bordoloi, O. D. Afolayan and C. Ng, "Feasibility of construction demolition waste for unexplored geotechnical and geo-environmental applications- a review," *Construction and Building Materials*, vol. 356, p. 129230, 2022.
- [18] L. Li, H. Sheng, H. Xiao, X. Zhou, W. Li and Y. Liu, "Mechanical Behavior of Reinforced Embankment with Different Recycling Waste Fillers," *KSCCE Journal of Civil Engineering*, vol. 26, p. 3251–3264, 2022.
- [19] M. Al-Obaydi, M. Abdulnafaa, O. Atasoy and A. Cabalar, "Improvement in Field CBR Values of Subgrade Soil Using Construction-Demolition Materials," *Transportation Infrastructure Geotechnology*, vol. 9, p. 185–205, 2022.
- [20] Z. Khan, U. Balunaini, S. Costa and N. H. Nguyen, "A review on sustainable use of recycled construction and demolition waste aggregates in pavement base and subbase layers," *Cleaner Materials*, vol. 13, p. 100266, 2024.
- [21] A. Krishna and G. Latha, "Evolution of Geocells as Sustainable Support to Transportation Infrastructure," *Sustainability*, vol. 15, p. 11773, 2023.
- [22] S. Dandin, M. Kulkarni and M. Wagale, "Fly Ash Based Subgrade Reinforced with Pet Bottles as Non-conventional Geocell: a 3D Finite Element Analysis," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 41, p. 1537–1556, 2022.

- [23] Z. A. I. Vargas, "Evaluación de la capacidad portante de suelos reforzados con geoceldas con diferentes soluciones analíticas," [Tesi de pregrado] Pontificia Universidad Católica del Perú, 2024.
- [24] J. Nelson, K. Chao, D. Overton and E. Nelson, *Foundation Engineering for Expansive Soils*, Wiley, 2015.
- [25] B. M. Das, *Advanced soil mechanics*, 5th ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019.
- [26] A. Patel, "Case examples of some geotechnical applications," in *Geotechnical Investigations and Improvement of Ground Conditions*, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2019.