



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Aplicación de Geoceldas a Base de Tubos PVC Reciclados  
Para la Estabilización de Suelos No Cohesivos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor**

Bach. Perez Ramos John Amberly (<https://orcid.org/0009-0002-9029-7006>)

**Asesor**

Mg. Villegas Granados Luis Mariano (<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>)

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en 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**

**2024**


**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado** del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS**

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, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el 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:

Bach. Perez Ramos John Amberly	DNI: 75940654	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 15 de octubre de 2024.




# 12% 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

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  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.

**APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA  
LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS**

**Aprobación del Jurado**

---

Dr. Coronado Zuloeta, Omar  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Dr. Salinas Vásquez, Néstor Raúl  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano  
**Vocal del Jurado de Tesis**

# APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS

## Resumen

Este estudio presenta como objetivo determinar el efecto de la aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados en la estabilización de suelos no cohesivos, el estudio tuvo una metodología de diseño experimental y un tipo de investigación aplicada, se utilizaron dos diámetros distintos de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) reciclada para la realización de la geocelda para una determinada altura, conservando una geometría plegable y en forma de panel, se utilizó como material de relleno suelo sin cohesión, además se recolectó muestras de suelo no cohesivo del distrito de Pimentel, por otra parte, se realizaron ensayos de límites de plasticidad, Proctor modificado y CBR realizado para muestras de suelo no cohesivo sin y con reforzamiento de geocelda a base de tubo de PVC, en el caso del suelo no cohesivo sin reforzamiento presentó características mecánicas inferiores al 5% de CBR, considerado como un suelo insuficiente respecto a la normativa local del MTC 2014, además, no presentó plasticidad; por otra parte, el suelo no cohesivo reforzado con el diámetro de 2" afectó positivamente las propiedades mecánicas a diferencia del suelo no cohesivo reforzado con un diámetro de 4". Pues incrementó 283% más que el uso de un diámetro mayor que tuvo un incremento del 223%, respectivamente. Se concluye que el suelo no cohesivo reforzado con una geocelda con diámetro menor logra mayores resistencias encajando en un nuevo tipo de subrasante a buena, consiguiendo su utilidad para mejora de subrasantes.

**Palabras Clave:** Geocelda, Ingeniería civil, Subrasante, Tubo polivinilo.

# APPLICATION OF GEOCELLS BASED ON RECYCLED PVC PIPES FOR STABILIZATION OF NON-COHESIVE SOILS

## Abstract

This study aims to determine the effect of using geocells made from recycled PVC pipes on the stabilization of non-cohesive soils. The research utilized an experimental design methodology and applied research approach. Two different diameters of recycled Polyvinyl Chloride (PVC) pipes were used to construct geocells of a specific height, designed to maintain a foldable, honeycomb-shaped geometry. Non-cohesive soil was used as the fill material, with samples collected from the district of Pimentel. Plasticity limit, Modified Proctor, and California Bearing Ratio (CBR) tests were conducted on the non-cohesive soil samples both without and with PVC pipe-based geocell reinforcement. The unreinforced non-cohesive soil exhibited mechanical properties below 5% CBR, categorizing it as insufficient according to local MTC 2014 standards, and it showed no plasticity. In contrast, the non-cohesive soil reinforced with 2" diameter geocells positively impacted mechanical properties compared to soil reinforced with 4" diameter cells. The reinforcement using the smaller diameter increased CBR by 283%, while the larger diameter yielded a 223% increase. The study concludes that non-cohesive soil reinforced with smaller diameter geocells achieves higher strength, making it suitable as a subgrade improvement method for enhancing subgrade quality.

**Keywords:** Geocell, Civil engineering, Subgrade, Polyvinyl pipe.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por regalarme la vida, darme fuerzas y voluntad para seguir adelante con mis metas y ser mi escudo ante las adversidades.

A mis padres Walter y Silvia por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación tanto académica como de la vida, por su constante apoyo mantenido a través del tiempo, Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A mis hermanos: Osmar Alex y Lisbeth Milagros por estar siempre presente, apoyándome antes y durante el transcurso de mi carrera fomentando en mí el deseo de superación.

Bach. John Amberly Pérez Ramos

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, agradezco a mis padres y hermanos por estar siempre presentes brindándome su apoyo en cada momento. A la universidad Señor de Sipán, por brindarme una excelente educación humana e intelectual, para así convertirme en un profesional que prestara un servicio responsable para la sociedad.

El autor



## Índice de contenidos

Resumen .....	5
Abstract.....	6
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	23
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1 Resultados .....	31
3.2 Discusión .....	35
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
4.1 Conclusiones.....	38
4.2 Recomendaciones.....	39
REFERENCIAS .....	40
ANEXOS.....	47

### Índice de Tablas

Tabla I.....	31
Tabla II.....	34

### Índice de Figuras

Fig. 1. Suelo natural en laboratorio .....	23
Fig. 2. Molde especial para el ensayo de compactación y CBR .....	24
Fig. 3. Elaboración de geocelda de (a) $\phi 2$ y, (b) $\phi 4$ .....	24
Fig. 4. Ubicación de muestras de suelo de estudio del distrito de Pimentel.....	26
Fig. 5. Estratigrafía de cada calicata in situ .....	26
Fig. 6. Flujo de procesos.....	30
Fig. 7. Curvas de Proctor modificado de cada muestra experimental .....	32
Fig. 8. Comparación de MDS y OCH en muestras de suelo sin y con reforzamiento .....	32
Fig. 9. CBR en muestras de suelo sin y con reforzamiento .....	33

### Índice de Anexos

Anexo 1. DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	48
Anexo 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	49
Anexo 5. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION.....	50
Anexo 6. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS .....	52
Anexo 7. FICHA DE VALIDEZ DE JUICIO EXPERTO .....	55
Anexo 8. INFORME DE AUTORIZACIÓN Y TÉCNICOS DE LABORATORIO .....	65
Anexo 9. PANEL FOTOGRAFICO .....	88
Anexo 10. PLANO DE GEOCELDAS.....	94
Anexo 11. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	96
Anexo 12. PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS EN CAMPO .....	99
Anexo 13. CONSTANCIA DE ENVIO DE ARTÍCULO CIENTÍFICO .....	101
Anexo 14. INFORME ESTADÍSTICO.....	102

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la rápida industrialización y urbanización ha generado grandes cantidades de residuos, y su aprovechamiento en ingeniería civil ofrece una solución sostenible y respetuosa con el medio ambiente. En las últimas décadas, los geosintéticos, como las geoceldas, han ganado popularidad por su capacidad para mejorar suelos débiles y proporcionar soluciones en la construcción de carreteras [1, 2]. Aunque las geoceldas comerciales, fabricadas con materiales poliméricos, pueden ser costosas, su eficacia en el confinamiento lateral del suelo y la relación coste-eficacia las hacen valiosas. Diversos estudios han demostrado que las geoceldas son una técnica efectiva para superar la mala capacidad de carga de la subrasante y mejorar aplicaciones geotécnicas [3, 4, 5, 6, 7]. En comparación con geomallas y geotextiles, las geoceldas mejoran el confinamiento de materiales como arena y grava, incrementando la capacidad de carga y estabilidad, con amplias aplicaciones en ferrocarriles, conservación de agua y puertos [8].

Asha y Divya [9] mencionaron que el uso de materiales de desecho para el desarrollo de infraestructura se ha convertido en una solución sostenible para la gestión de residuos. Sin embargo, la evaluación de la idoneidad de estos materiales para la construcción se ha convertido en un desafío. Como resultado del desarrollo de la industria y el crecimiento de la población, se ha producido un aumento significativo en el volumen de desechos de plásticos, por lo que su eliminación se ha convertido en una preocupación importante. Un posible método de reciclaje es utilizarlas en aplicaciones de refuerzo de suelos [10].

A nivel nacional en Perú se observa problemas en suelos no cohesivos de acuerdo a El Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] [11], una gran parte de los suelos en la región de Lambayeque son de tipo granular no cohesivo, clasificados como SP y SW, según lo especificado en los estudios del "Plan de Prevención Ante Desastres: Usos del Suelo y Medidas de Mitigación". Estos suelos carecen de las propiedades necesarias para la construcción de proyectos de ingeniería, lo que hace indispensable su estabilización. Los métodos convencionales de estabilización son costosos, contaminan el medio ambiente y

pueden afectar la salud de quienes los aplican. Por lo tanto, es necesario desarrollar alternativas económicas e innovadoras con un impacto ambiental mínimo

Una solución a este problema es implementar alternativas ecológicas para la estabilización de suelos, utilizando geoceldas fabricadas con tuberías de PVC (Policloruro de Vinilo) rellenos con material arenoso, lo que permite mejorar las propiedades mecánicas del suelo. En la ciudad de Pimentel, perteneciente a la provincia de Chiclayo, Lambayeque los suelos no cohesivos presentan un desafío significativo para la construcción, debido a su baja capacidad portante y escasa estabilidad; además como brecha existen pocos estudios relacionados al tema. Estas condiciones dificultan el desarrollo de proyectos de infraestructura segura y duradera. Ante esta problemática, surge la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de estos suelos mediante la utilización de geoceldas fabricadas con tuberías de PVC. Este enfoque no solo busca reforzar el suelo, sino también ofrecer una alternativa económica y sostenible, reduciendo el impacto ambiental al reutilizar materiales.

Se presentan diversos trabajos previos a nivel internacional como, Dandin et al. [12] en su artículo científico este estudio propone usar botellas de PET bajo rellenos de cenizas volantes (FA) sin alteraciones mecánicas. Se realizaron experimentos comparativos entre geoceldas de HDPE y colchones de botellas de PET en un tanque de 1 m<sup>3</sup>. Los resultados mostraron menor tasa de asentamiento y mejor distribución de carga con PET, demostrando su viabilidad y eficacia como reemplazo de geoceldas de HDPE para rellenos estructurales. Se aplicó una carga vertical sobre la zapata de relleno en todas las series de prueba hasta alcanzar un asentamiento de 40 mm. Se utilizó una relación de aspecto de 2 para geoceldas de HDPE y botellas de PET. Se empleó polvo de cantera de roca (RQD) como relleno de celdas y material de superposición sobre el relleno de FA. Los resultados mostraron una menor tasa de acumulación de asentamiento en el escenario reforzado en comparación con el no reforzado, con un asentamiento resiliente más alto. El RQD sobre la zona reforzada con PET mejoró la distribución de carga, reduciendo la deformación en el refuerzo de PET. Este uso de material de desecho contribuirá al desarrollo sostenible y demuestra la viabilidad del

refuerzo de PET como reemplazo de geoceldas de HDPE para rellenos estructurales.

Nagatani et al. [13] en su propósito tuvo proponer un nuevo método para prevenir el levantamiento de una tubería usando geoceldas, para mejorar la trabajabilidad de las tuberías y aumentar la resistencia al levantamiento. Los resultados experimentales demostraron que el uso de geoceldas aumentó la resistencia máxima en más de 1.5 veces y la resistencia a gran desplazamiento (40 mm) en más de 3 veces en comparación con el método sin refuerzo. Esto sugiere que las geoceldas son efectivas contra el levantamiento de tuberías. La combinación de geoceldas y geotextiles incrementó la resistencia a gran desplazamiento en 1.41 veces más que solo las geoceldas. Además, al aumentar el número de geoceldas desde la parte superior de la tubería hacia abajo y conectar las geoceldas izquierda y derecha con geotextil, se incrementaron notablemente tanto la resistencia máxima como la resistencia a gran desplazamiento (40 mm).

Zhu et al. [14] en su artículo científico se presenta y analiza un concepto para un mecanismo de refuerzo combinado con resultados de pruebas para explicar el efecto de una geocelda. Se realizaron pruebas de extracción y compresión libre para investigar cómo parámetros como el contenido de agua, la compacidad y el número de capas reforzadas con geoceldas afectan el rendimiento mecánico del suelo reforzado. Los resultados de las pruebas de extracción se verificaron con fórmulas del mecanismo de refuerzo, mostrando que la compacidad y el contenido de agua afectan significativamente el coeficiente de fricción de la interfaz geocelda-suelo. La compacidad mejora las propiedades de fricción en un 90% al pasar del 92% al 94%. Las pruebas de compresión libre demostraron que la resistencia aumenta con mayor compacidad, más capas de geoceldas y menor contenido de agua, alcanzando un incremento del 93,1% al reducir el contenido de agua del 19% al 15%.

Asha [15] en su investigación este artículo detalla las pruebas de relación de carga de California (CBR) realizadas para evaluar la eficacia de las botellas de tereftalato de polietileno (PET) desechadas en la mejora del suelo. Se utilizó polvo de cantera como relleno, preparado a una densidad relativa del 57.6% en un molde CBR de 150 mm de diámetro. Los

experimentos se realizaron insertando botellas de PET cortadas de 5,6 cm de diámetro en tres configuraciones diferentes: tres, cuatro y cinco botellas. Se investigó el impacto de la altura de la botella en el rendimiento del sistema, considerando alturas de 6.6 cm, 9.3 cm y 11.6 cm. El análisis de la distribución de la tensión vertical mostró que el sistema de botellas de PET funcionó mejor dentro de la isobara ( $\sigma_z / q$ ) de 0,3. Según los valores CBR y el factor de mejora, la configuración de cuatro botellas con altura de 6.6 cm demostró ser eficaz para soportar cargas mayores, proporcionando pautas para el uso de estas botellas en la estabilización de pavimentos.

Bhanwar et al. [16] en este estudio experimental, se construyó un sistema de retención geocelular en forma de muro de gravedad usando geoceldas de botellas de fluido intravenoso de HDPE desechadas, unidas con bridas y con una relación de aspecto de 0.85. Se empleó polvo de cantera compactado con contenido de humedad óptimo como material de relleno para estos sistemas. Se realizaron pruebas controladas por carga en un tanque modelo para evaluar la carga de falla, el asentamiento y las deformaciones laterales de taludes estabilizados y no estabilizados con geoceldas en diferentes ángulos. Se halló que la capacidad de carga máxima de las pendientes estabilizadas con geoceldas era un 24%, 17.14% y 15.01% mayor que las pendientes no estabilizadas para ángulos de 90°, 80° y 70°, respectivamente. Además, los asentamientos máximos se redujeron en un 17.42%, 15.58% y 15.65%, y las deformaciones laterales en un 17.89%, 14.73% y 13.93% para las pendientes estabilizadas en comparación con las no estabilizadas.

Meidudga et al. [17] en su estudio los desechos plásticos representan una amenaza significativa para la supervivencia de los seres vivos en la Tierra. El reciclaje es una solución para mitigar el impacto negativo de la contaminación ambiental causada por estos desechos. Una gran parte de la contaminación plástica proviene de botellas de PET. Aunque se han realizado numerosos estudios sobre el uso de desechos plásticos, esta investigación explora el uso de botellas PET como geoceldas para reforzar la subrasante. Hasta ahora, el uso de desechos plásticos como geoceldas es poco común. El objetivo principal de este estudio fue

evaluar el efecto de las geoceldas de botellas PET en subrasantes con baja capacidad de carga, buscando reducir la contaminación ambiental y ofrecer una alternativa para el refuerzo de capas de recubrimiento. Los resultados, analizados con el programa Plaxis, indicaron que las geoceldas de botellas PET podrían reducir en hasta un 65% el uso de materiales para capas de recubrimiento.

Kolathayar et al. [18] en este artículo se presenta el desempeño de un lecho de suelo reforzado con geoceldas de yute y sisal en comparación con geoceldas de HDPE. Se analiza el comportamiento de la presión de soporte y el asentamiento del lecho de suelo reforzado con geoceldas naturales, el lecho de suelo reforzado con geoceldas de HDPE y el lecho de suelo no reforzado. El lecho de suelo reforzado con celdas de yute y celdas de sisal mostró un aumento uniforme en el asentamiento con el aumento de la presión aplicada. Sin embargo, el suelo reforzado con geoceldas de HDPE mostró un aumento repentino en el asentamiento a mayor presión. Se encontró que la estera de sisal utilizada para desarrollar la geocelda tenía mayor resistencia a la tracción, seguida por la estera de yute sobre el material de HDPE. El suelo reforzado con celdas de sisal podría soportar mayores tensiones a menor deformación en comparación con la geocelda de HDPE. También se llevaron a cabo estudios analíticos sobre geoceldas de yute y sisal considerando el mecanismo de transferencia de carga del suelo reforzado con geoceldas.

Khan et al. [19], en su artículo de congreso los pavimentos flexibles construidos sobre suelos expansivos sufren de agrietamiento longitudinal, ahuellamiento, depresiones superficiales y problemas de hundimiento de arcenes. La rehabilitación de estas carreteras se puede realizar reemplazando la capa base existente con material de pavimento asfáltico reciclado (RAP). Sin embargo, el uso de 100% RAP en la capa base no es factible debido a sus excesivos movimientos laterales y deformaciones permanentes. Se pueden utilizar geoceldas como refuerzo para la capa base construida con RAP, lo que ayuda a abordar estos problemas. En este estudio, se construyó una sección de prueba con geoceldas de polietileno de alta densidad (HDPE) de 10 cm de espesor y se rellenaron con material RAP.

El rendimiento de la sección de prueba se ha monitoreado a partir de sensores de carga y deformación, estudio topográfico y métodos de inspección visual. Los resultados iniciales obtenidos de los sensores de campo indican que la utilización de geoceldas en la capa base reduce las tensiones en la capa de subrasante y solo se midieron deformaciones insignificantes debajo de la capa base.

A nivel nacional Rojas [20] en su tesis de pregrado tuvo como propósito realizar la evaluación de la subrasante de suelos arcillosos provenientes del distrito de Cochas en Huancayo, encontrando deficiencias en su estructura. Se optó por mejorar este tipo de suelo utilizando geoceldas fabricadas con llantas recicladas. La subrasante del suelo estabilizado se evaluó midiendo la deflexión con el equipo de deflectometría LWD. Se usaron los mismos puntos para comparar la subrasante sin estabilizar y la estabilizada, procesando los datos con el software del equipo. Un retrocálculo del módulo de resiliencia se realizó a partir de los datos de deflexión. Los resultados mostraron que la deflexión de la subrasante fue 1.080mm, 1.206mm, y 0.967mm en tres tramos, mientras que la subrasante estabilizada fue 0.785mm, 1.084mm, y 0.867mm respectivamente. Se concluyó que la deflexión se reduce en 27.31%, 10.12%, y 10.34% en cada tramo con la aplicación de geoceldas de llantas recicladas.

Taipe [21] en su tesis de pregrado tuvo como finalidad determinar la influencia de las geoceldas de envases metálicos reciclables en la estabilización del suelo fino de la carretera de Chacapampa. La investigación fue aplicada, con nivel explicativo y diseño pre-experimental; se centró en la carretera de Chacapampa, Junín. El muestreo fue no probabilístico o por conveniencia. Concluyó que usar geoceldas reduce la deflexión del suelo hasta un 33%, permitiendo estabilizarlo con el material local y aumentando su resistencia hasta un 116%.

Serrano [22] en su tesis de pregrado tuvo como objetivo estudiar los efectos de la reutilización de llantas recicladas como alternativa de mejoramiento de la subbase de pavimentos flexibles, Chorrillos 2021. Tuvo como tipo de investigación aplicada, diseño experimental, nivel explicativo. Una población de asfalto reciclado de la cantera Punta



Hermosa y neumáticos para la elaboración de geo cilindros. El material de afirmado tuvo una clasificación SM (arena limosa), respecto a su resistencia a la penetración han reducido de 360 mm hasta 35 mm, representando un 90.27% de incremento.

Romero y Vela [23] en su tesis de pregrado tuvo como propósito valorizar la reutilización de los materiales inorgánicos como es la botella plástica, tubo de PVC y lata de aluminio para el aprovechamiento en estabilizar el suelo. El diseño es preexperimental. Se tuvo una arena limosa (SM), con un CBR de 15.60 %. Tuvieron tres prototipos de geomallas prototipo 1 a base de lata de aluminio, prototipo 2 a base de botellas de plásticos y prototipo 3 a base de tubos de PVC, se realizó la prueba de carga estática controlada para verificar los asentamientos producidos con un vehículo clasificado como C3, durante un tiempo de aplicación e carga de 48 horas, se observó que el prototipo 2 presenta una diferencia de niveles mayor que el prototipo 1 y 2. Se concluye que el uso de geomallas a base de lata de aluminio y tubo de PVC son los mejores .

Como teorías científicas se destacan conceptos como la geocelda que unas variedades de geo sintético, la geocelda. El concepto de confinamiento lateral mediante estructuras celulares se originó en la década de 1970, cuando el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. lo desarrolló para mejorar la capacidad portante de arenas mal graduadas. Inicialmente, se usaron rejillas de arena de papel impregnado en resina fenólica, pero se cambiaron a geoceldas metálicas, como las de aluminio, que resultaron inviables debido a su alto costo y dificultad de manejo. Posteriormente, se emplearon láminas de geomalla unidas con barras de pasacintas. Hoy en día, el polietileno de alta densidad (PEAD) es el material predominante para fabricar geoceldas, que se forman soldando tiras extruidas de PEAD en paneles. Varios estudios han investigado su eficacia en aplicaciones de ingeniería civil [24, 25, 26, 27, 28].

Un geosintético se define como un producto que tiene al menos un componente hecho de un polímero sintético o natural, en forma de una lámina, una tira o una estructura tridimensional, utilizado en contacto con el suelo y/u otros materiales como parte integral de

una estructura, proyecto o sistema de ingeniería civil [29]. Los geos sintéticos tienen cuatro tipos (a) geotextiles, (b) los productos relacionados con los geotextiles, (c) las barreras geosintéticas y (d) geos compuestos. Dentro del tipo "a", existen tres categorías según el proceso de fabricación geotextil tejido, geotextil de punto y geotextil no tejido. El tipo (b), se tiene la geomalla, la geocelda, geofranja y geoespaciador. El tipo (c) incluyen geomembranas poliméricas y revestimientos de arcilla geosintética. El tipo (d) geocompuesto de drenaje y geocompuesto de refuerzo [29].

**Geocelda:** Las geoceldas, que son un tipo de geosintético, se destacan por su disposición celular tridimensional en forma de panal. Esta estructura proporciona confinamiento al material de relleno compactado, limitando su expansión lateral y mejorando así la estabilidad y eficiencia del relleno [30]. Los primeros sistemas de confinamiento celular usaban papel, luego reemplazado por celdas de aluminio y madera. En 1979, la Estación de Experimentación de Vías Fluviales de EE. UU. en Vicksburg desarrolló una versión temprana de geoceldas, conocidas como rejillas de arena hechas de plástico o aluminio [31].

**Parámetros de la geocelda:** El material de relleno en geoceldas puede ser cohesivo o no. Los estudios muestran que la mejora en el rendimiento se debe principalmente a las geoceldas más que al relleno. Se prefieren suelos no cohesivos de grano grueso para movilizar mayor fricción de interfaz, aunque suelos marginales locales se han usado efectivamente [32, 33, 34]. El buen drenaje y la no plasticidad del relleno son clave para obtener beneficios, especialmente con rellenos no cohesivos [35, 36].

**Altura de geocelda:** Diversos estudios destacan cómo la altura de las geoceldas influye en su desempeño. Un mayor tamaño incrementa la rigidez a la flexión y al corte, mejora la capacidad de carga, reduce asentamientos y brinda confinamiento efectivo al suelo de relleno, funcionando como vigas profundas. Además, la interacción suelo-geocelda aumenta la resistencia al arrastre. Sin embargo, alturas excesivas generan deformaciones locales, compactación deficiente y limitan la transferencia de cargas. La profundidad óptima debe ser menor al doble del ancho de la zapata. En pavimentos, geoceldas más altas reducen

deformaciones permanentes, incrementan el soporte estructural y mejoran su capacidad resiliente, optimizando el rendimiento [37].

Número de capas de Geoceldas, Mehdipour et al. [37] estudiaron la influencia del número de capas de geoceldas en un talud sobre el factor de seguridad (FOS) mediante simulaciones numéricas. El FOS aumentó con más capas de geoceldas, aumentando la rigidez y alejando la superficie de deslizamiento del talud. La primera capa desarrolló más resistencia contra deformaciones por flexión y corte, mientras que las demás resistieron deformaciones laterales [37].

La profundidad óptima de empotramiento de las geoceldas varía según la carga aplicada, altura de la capa, tamaño de la cavidad, tipo de suelo y número de capas de geoceldas. La profundidad es crucial: colocar la capa justo debajo de la zapata genera tensiones localizadas altas, provocando pandeo. Además, la colocación superficial restringe el confinamiento y la fricción adecuada debido a la menor tensión normal por sobrecarga [38].

Forma de bolsillo de Geoceldas, 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 [31].

Los geosintéticos se fabrican para las necesidades de varios proyectos de ingeniería civil, como carreteras, presas, protección de estructuras costeras, muros de contención, recuperación de tierras, rellenos sanitarios, cimientos, terraplenes y sistemas de drenaje. El efecto estabilizador de las geoceldas se logra al limitar la deformación horizontal del relleno, movilizandole tensiones circunferenciales y fricción. La eficiencia depende de la capacidad de carga de la subrasante y la resistencia de las conexiones [39, 40, 41].

Las propiedades físicas del suelo natural son esenciales para comprender su comportamiento y su capacidad de soportar estructuras. Entre estas propiedades, la granulometría y la gravedad específica son particularmente importantes. La granulometría se refiere a la distribución de los tamaños de partículas dentro del suelo, lo que influye directamente en su estabilidad y capacidad para drenar agua [42]. Un suelo con una

distribución granulométrica equilibrada tiende a ser más estable y menos susceptible a la erosión [43]. Por ejemplo, los suelos arenosos, compuestos por partículas más grandes, permiten un drenaje rápido, pero presentan menor cohesión. Por otro lado, los suelos arcillosos, que contienen partículas más finas, retienen mayor cantidad de agua, pero pueden ser propensos a fenómenos de expansión y contracción debido a los cambios de humedad.

Otra propiedad fundamental es la gravedad específica, la cual mide la densidad del suelo en comparación con la del agua. Esta propiedad es crucial para determinar cómo un suelo se compacta y su capacidad para soportar cargas [44]. Un suelo con una alta gravedad específica, en general, posee una mayor capacidad de soporte y muestra menor tendencia a deformarse bajo presión. Además, la gravedad específica también afecta la capacidad del suelo para sustentar vegetación y permitir el desarrollo adecuado de raíces, lo que a su vez influye en la estabilidad de la estructura del suelo y en su uso para la agricultura y otras aplicaciones [43]. En resumen, tanto la granulometría como la gravedad específica son determinantes en la evaluación y manejo de suelos para diversas aplicaciones ingenieriles y agrícolas.

Las propiedades mecánicas del suelo natural son fundamentales para la ingeniería y la construcción, ya que determinan cómo el suelo responderá bajo carga y su capacidad para soportar estructuras. Entre los métodos más relevantes para evaluar estas propiedades se encuentra la Prueba de Compactación de Proctor Modificado, la cual determina la densidad óptima que un suelo puede alcanzar cuando se compacta bajo condiciones controladas [43]. Esta prueba es esencial para garantizar que el suelo posea la compactación adecuada, lo que le permitirá resistir cargas estructurales sin experimentar asentamientos o deformaciones excesivas. La compactación óptima es un factor clave en la estabilidad de infraestructuras como carreteras, edificios y otras obras civiles [45].

Otra prueba crucial en la evaluación de las propiedades mecánicas del suelo es la del Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR), la cual mide la resistencia del suelo a la penetración, proporcionando una indicación de su capacidad para soportar cargas, como

las ejercidas por vehículos sobre pavimentos. Un valor elevado de CBR sugiere que el suelo tiene una capacidad de carga satisfactoria y es menos propenso a deformarse bajo presión [46]. Esta prueba es particularmente importante en el diseño de pavimentos y la construcción de carreteras, donde es crucial asegurar que el suelo tenga la resistencia adecuada para soportar el tráfico sin sufrir daños prematuros [47]. En conjunto, tanto la Prueba de Compactación de Proctor Modificado como el CBR son herramientas esenciales en la caracterización de suelos para asegurar la durabilidad y estabilidad de las estructuras construidas sobre ellos.

En la formulación del problema general se tuvo ¿En qué medida influye la aplicación geoceldas a base de tubos PVC reciclados en la estabilización de suelos no cohesivos?

Justificación e Importancia: La estabilización de suelos no cohesivos en Pimentel, Perú, es crucial para mejorar la infraestructura vial, dada la propensión de estos suelos a deformarse y colapsar. La utilización de geoceldas ofrece una solución innovadora y sostenible al redistribuir las cargas y mejorar la estabilidad del suelo. Esta técnica no solo optimiza la durabilidad de las carreteras, sino que también contribuye a la gestión ambiental al reciclar plásticos. Respecto a la brecha de conocimiento, la falta investigación específica sobre la efectividad de geoceldas fabricadas con tuberías de PVC con dimensiones de diámetros de 2 y 4 pulgadas y altura de 12 cm, aplicado en suelos arenosos. La mayoría de los estudios previos han utilizado materiales nuevos y no han abordado el impacto de los tubos reciclados en este tipo de suelo. La novedad del estudio, introduce el uso de geoceldas con materiales reciclados a base de tuberías Policloruro de Vinilo para estabilizar suelos no cohesivos, combinando sostenibilidad con ingeniería vial, y propone una solución adaptada a las condiciones particulares de la ciudad de Pimentel.

Esta investigación tuvo como hipótesis general: La aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados si produce efectos positivos en la estabilización de suelos no cohesivos.

A continuación, se presentó el objetivo general: Determinar el efecto de la aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados en la estabilización de suelos no cohesivos.

Los objetivos específicos se tuvieron OE1: Determinar las propiedades físicas, mecánicas, y químicas del suelo natural. OE 2: Evaluar el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas sobre la compactación en la subrasante reforzada; y el OE3: Evaluar el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas sobre el CBR en la subrasante reforzada. OE4: Determinar el costo-beneficio que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la subrasante reforzada por m<sup>2</sup>.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### Materiales

Suelo natural. Se recolectó de la provincia de Chiclayo, de la localidad de Pimentel.



Fig. 1. Suelo natural en laboratorio

Geocelda a base de tubos de PVC: De acuerdo a estudios científicos, en cuanto a los materiales de relleno utilizados en los bolsillos de las geoceldas, el suelo sin cohesión se utiliza predominantemente en la ingeniería reforzada con geoceldas tanto para lechos de arena reforzados con geoceldas como de suelo cohesivo [48, 49].

Realización de geocelda: Se utilizaron tuberías de 2 y 4 pulgadas de diámetro, se cortó el material en segmentos de 0.12 metro de altura, se detalla en el Anexo 10. Los tubos se ensamblaron en una estructura reticulada, creando una malla que se extiende sobre el suelo. La geocelda se colocó en unos moldes metálicos de dimensiones específicas realizados específicamente para la realización del ensayo de compactación y CBR, tal como se observa en la Figura 1. Tras la instalación, se rellenó la geocelda con material arenoso, que proporciona estabilidad y mejora la capacidad de carga del suelo. En la Figura 2 se observan la elaboración in situ de la geocelda de diámetro diferentes, respectivamente.



Fig. 2. Molde especial para el ensayo de compactación y CBR



(a)

(b)

Fig. 3. Elaboración de geocelda de (a)  $\phi 2$  y, (b)  $\phi 4$ .

Altura de la geocelda: La altura seleccionada para la geocelda a base de tuberías recicladas para el presente estudio fue de 12 cm. Esta altura estuvo basada y sustentada referente a diversas investigaciones experimentales de pregrado y doctorado como, Cristobal [50], Mendoza y Torres [51], Pokharel [52], donde utilizaron altura variada de botellas PET de 10, 15 y 20 cm, puntualizando que a 10 cm se tuvo un mejor comportamiento, pues a mayor tamaño influye en una menor resistencia del suelo reforzado. Además, la Norma GRI-GS15 Instituto geosintético [51], menciona el uso de diferentes alturas de geoceldas a base de HDPE de 75, 100, 150 o 200 mm. Así, como las especificaciones de PAVCO [53], que utiliza diferentes alturas que oscila 100 – 150 mm.



## Métodos

### Tipo de investigación

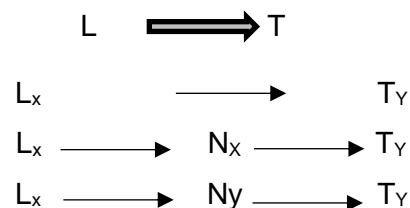
De acuerdo con Hernández y Mendoza [48], la investigación aplicada se enfoca en explorar tratamientos, ajustes y soluciones para abordar problemas específicos. Su propósito es resolver un problema concreto, como en el caso de utilizar geoceldas fabricadas con tubos de PVC para estabilizar suelos no cohesivos en carreteras.

Por lo tanto, este estudio se clasificó como investigación aplicada.

### Diseño de investigación

De acuerdo con Hernández y Mendoza [48], las investigaciones que emplean ciertos atributos experimentales básicos se conocen como diseños preexperimentales. Estos diseños ofrecen un control limitado durante la realización de los ensayos, por lo que se debe proceder con precaución.

En este estudio, se utilizó un diseño experimental, sub tipo cuasiexperimental.



Donde:

L: Variable dependiente

T: Variable independiente

N<sub>x</sub>: Muestra suelo control sin aditivo

N<sub>y</sub>: Muestra suelo con tratamiento

### Población de estudio

Se refiere al conjunto de elementos o entidades que conforman una población y que representan los fenómenos que necesitan ser cuantificados o medidos en una investigación específica [48].

La población constituida en la siguiente investigación estuvo representada por los suelos no cohesivos del distrito de Pimentel – Lambayeque.

## Muestra

La muestra es un subgrupo representativo de la población en estudio, que comparte características similares con el grupo total [49]. Las muestras de suelo se extrajeron de 3 calicatas de una profundidad de 1.50 metros, siendo muestras alteradas, no se encontró napa freática en las calicatas C-01 y C-02, sin embargo, en la calicata C-03 se encontró napa freática a 1.20 m. Las calicatas fueron realizadas en puntos estratégicos debido a la mayor concurrencia vehicular, tal como se observa en la siguiente figura.

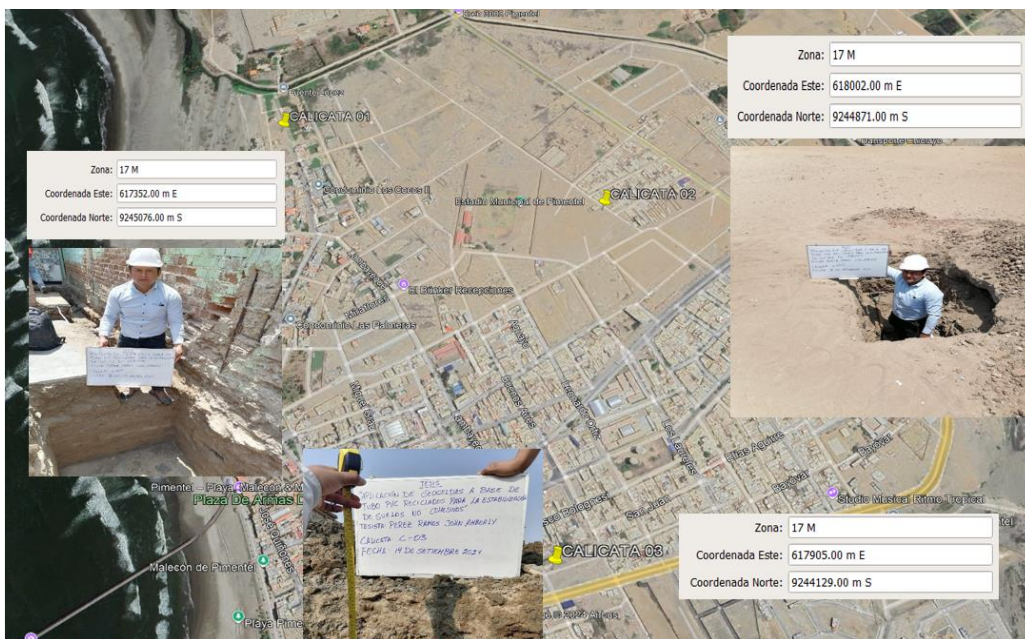


Fig. 4. Ubicación de muestras de suelo de estudio del distrito de Pimentel

Nota: Obtenido de Google Earth.

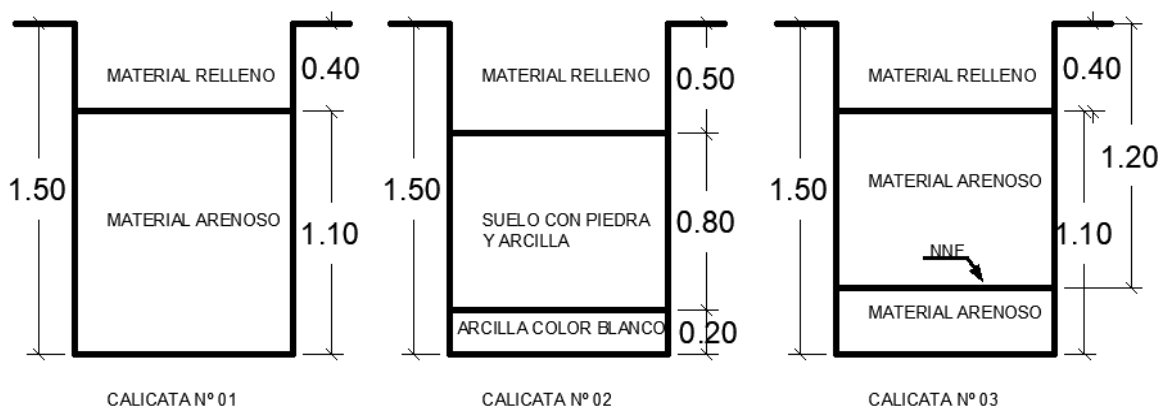


Fig. 5. Estratigrafía de cada calicata in situ

## Muestreo

El muestreo por conveniencia no probabilístico selecciona participantes basándose en su accesibilidad o disponibilidad, sin seguir un proceso aleatorio, lo que facilita la recopilación de datos, aunque puede no representar adecuadamente a toda la población [48]. El estudio tuvo un muestreo por conveniencia no probabilística.

## Criterios de selección

Criterios de inclusión: Los suelos no cohesivos del distrito Pimentel, provincia Chiclayo, Lambayeque; son las utilizadas para el presente estudio. Criterios de exclusión: Los suelos no cohesivos que estén fuera del distrito de Pimentel, provincia Chiclayo, Lambayeque.

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de Recolección de Datos: La observación es una técnica fundamental y primaria para la recopilación de datos. Este método se centra en observar y analizar las características visibles en el área de estudio [49]. Es crucial identificar y describir los aspectos más relevantes de la zona, ya que pueden influir en los procedimientos posteriores y en la interpretación de los resultados obtenidos, por lo tanto, el estudio presentó una técnica de observación directa.

## Instrumentos de Recolección de Datos

Obtención de Materiales: En este estudio, se extrajeron muestras de suelo natural de un camino sin pavimentar ubicado en el distrito Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. De los geosintéticos se escogió un tipo, denominado como los productos relacionados con los geotextiles. Dentro del tipo seleccionado, se tiene la geomalla, la geocelda, geofranja y geoespaciador; siendo la geocelda la utilizada para el presente estudio.

Propiedades Físicas de los Suelos: Granulometría: Este ensayo separa las partículas del suelo en diferentes tamaños mediante tamices, empleando movimientos verticales y laterales, conforme a la Norma Técnica Peruana 339.128. Límite Líquido y Plástico: Este método, crucial en diversos sistemas de clasificación del suelo, caracteriza la fracción fina del suelo según la NTP 339.129. Contenido de Humedad: Mide la proporción entre el agua y el

peso sólido del suelo, siguiendo la NTP 339.127. Clasificación de Suelos SUCS: Se realiza según la NTP 339.134. Clasificación de Suelos Método AASHTO: Se basa en la norma ASTM D3282.

Propiedades Mecánicas de los Suelos: Compactación Proctor Modificado: Determina la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo compactado en un molde, mediante un pisón que cae desde una altura de 18 pulgadas, siguiendo la NTP 339.141. Razón de Soporte California (CBR): Este ensayo mide la capacidad de soporte de la subrasante en pavimentos, materiales granulares y sub-bases compactadas en laboratorio, según la NTP 339.145.

Fichas de Observación: Estas fichas son herramientas clave para registrar la información obtenida durante los ensayos específicos [49]. Incluyen características y datos relevantes observados en el terreno y son elaboradas principalmente por el investigador. Ofrecen un medio estructurado para documentar y analizar las observaciones de manera sistemática.

Fiabilidad y Validez del Estudio: La fiabilidad del estudio se aseguró mediante la utilización de documentos de calibración para los equipos empleados en la investigación, tales como el documento de calibración para la máquina de CBR y para el horno eléctrico (Anexo 06). La validez se garantizó con la intervención de expertos en la materia, quienes revisaron y avalaron la investigación, proporcionando respaldo a su confiabilidad (Anexo 07).

#### Procedimientos de análisis de datos

##### Etapas 1: Selección de Sitios de Estudio y Caracterización Inicial

Identificación de Localidades: Selección de suelos no cohesivos en Pimentel, en la provincia de Chiclayo. Caracterización del Suelo: Realización de estudios iniciales para determinar granulometría, contenido de humedad y clasificación del suelo según SUCS y AASTHO.

##### Etapas 2: Diseño y Fabricación de Geoceldas a base de tuberías de PVC

Diseño de Geoceldas: Desarrollo de un diseño adecuado para geoceldas utilizando tuberías de PVC reciclado, optimizando dimensiones para la estabilización del suelo.

Fabricación: Elaboración artesanal de las geoceldas con materiales locales (Tuberías de  $\phi$  2" y 4" y 12 cm de altura), asegurando uniformidad y resistencia. Se realizó la unión de caras laterales de un tubo de Policloruro de Vinilo con otro por medio de pernos metálicos.

#### Etapa 3: Instalación y Preparación del Terreno

Preparación del Sitio: Limpieza y nivelación del terreno en las áreas de prueba. Excavación y preparación de la base para la instalación de las geoceldas. Instalación de Geoceldas: Colocación de las geoceldas en capas predeterminadas, seguida de una compactación inicial del suelo. Se observa en el Anexo No 10.

#### Etapa 4: Evaluación de Propiedades Mecánicas

Prueba de Compactación Proctor Modificado: Realización de ensayos de compactación en laboratorio para determinar la densidad óptima y contenido de humedad del suelo estabilizado. Se realizó un molde específico para esta prueba debido a las geoceldas, las especificaciones se muestran en el Anexo No 10, además se tuvo las consideraciones científicas de la investigación Taipei [21]. Ensayo de Capacidad de Soporte CBR: Evaluación de la capacidad de soporte del suelo mediante el ensayo de CBR, comparando suelos con y sin geoceldas.

#### Etapa 5: Análisis de Datos

Análisis Estadístico: Compilación y análisis de los datos obtenidos, utilizando técnicas estadísticas para comparar la efectividad de las geoceldas.

#### Etapa 6: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones: Redacción de conclusiones basadas en los resultados y análisis estadísticos, evaluando la efectividad de las geoceldas a base de tuberías de PVC. Recomendaciones: Propuestas para la aplicación práctica de las geoceldas en otras localidades y sugerencias para mejoras en futuros estudios.

#### Etapa 7: Documentación y Presentación

Informe Final: Elaboración del informe de investigación con todos los detalles del procedimiento, análisis y conclusiones. Difusión: Presentación y publicación de los resultados en foros académicos y revistas especializadas.

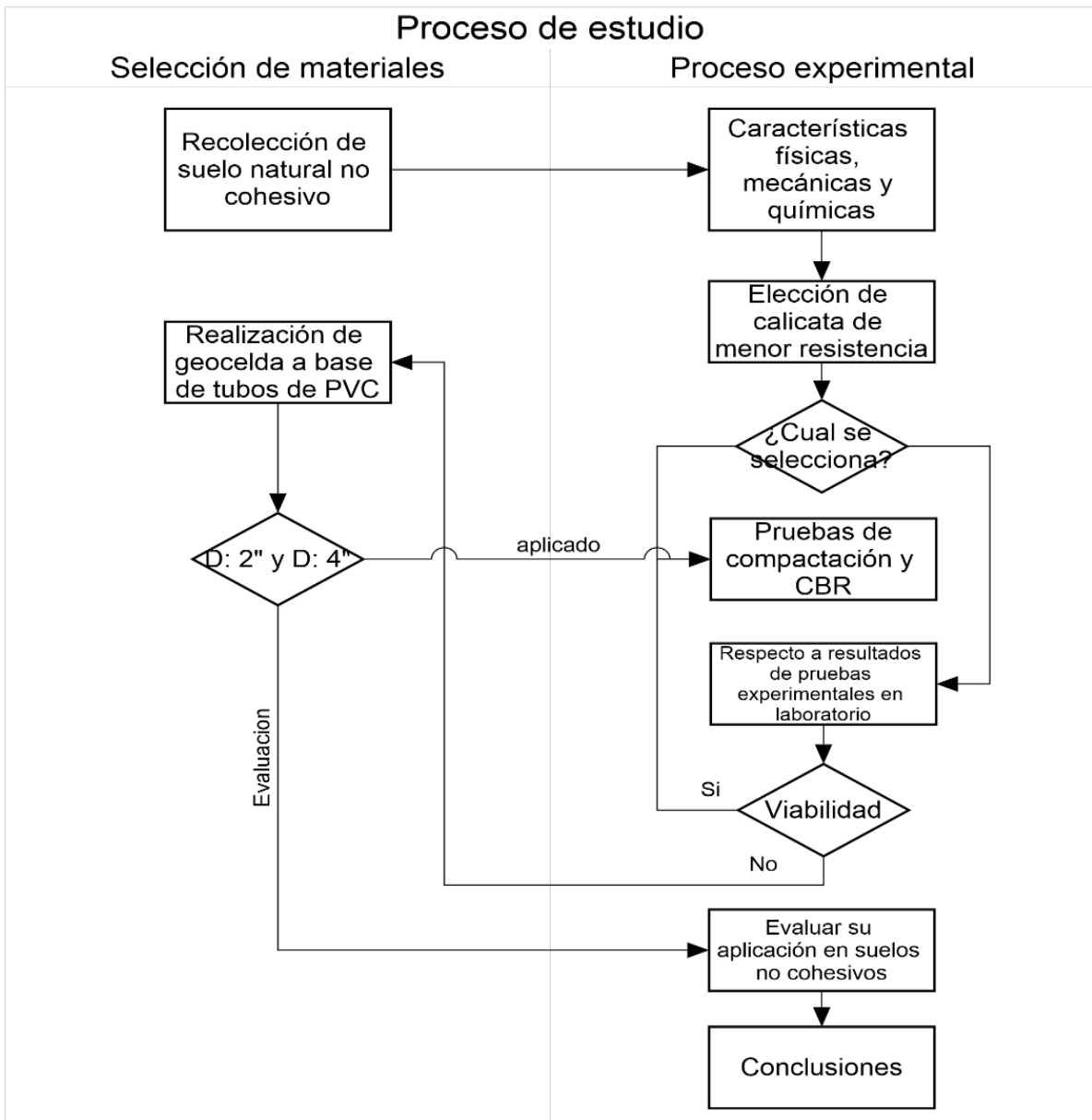


Fig. 6. Flujo de procesos

### Criterios éticos

Los criterios éticos se basan en el Artículo 5 del código de ética de investigación de USS S.A.C [50], el cual establece que la investigación científica debe ser original y meticulosamente planificada para producir nuevos conocimientos y avances tecnológicos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultados

De acuerdo al objetivo específico No 1 donde se determinó las propiedades físicas, mecánicas, y químicas del suelo natural.

Tabla I.

Resultado de propiedades físicas-mecánicas-químicas del suelo sin reforzar

Descripción		C-01	C-02	C-03	Unidades
% grava	Grava gruesa	3	27.9	0	%
	Grava fina	3.1	26.2	1.1	%
% arena	Arena gruesa	1.8	6.4	0.8	%
	Arena media	21.8	5.1	6.4	%
	Arena fina	43.3	14.3	72.6	%
% arcilla y limo	Arcilla y limo	27	20.1	19.1	%
Límites de consistencia	Límite líquido	N.P.	24.78	N.P.	%
	Límite plástico	N.P.	12.22	N.P.	%
	Índice de plasticidad	N.P.	12.56	N.P.	%
Clasificación de suelos	Clasificación SUCS	SM	GC	SM	-
	Clasificación AASTHO	A-2-4(0)	A-2-6(0)	A-2-4(0)	-
Contenido de humedad		7.34	4.82	17.36	%
Compactación	Densidad máxima seca	2.115	2.178	1.862	gr/cm <sup>3</sup>
	Óptimo contenido humedad	11.02	8.12	10.08	%
Resistencia	CBR	3.3	5.0	3.0	%
	Tipo de subrasante	Inadecuado	Inadecuado	Inadecuado	MTC-14
Propiedades químicas	pH	5.34	9.15	4.15	%
	Sales solubles totales	0.05	0.06	0.10	ppm*

Nota: \*ppm, partes por millón.

Interpretación: En la Tabla I se muestran los resultados de las propiedades del suelo sin reforzar obtenidas a 1.0 m de profundidad. Las muestras de suelo de Pimentel presentan una variabilidad en la granulometría y propiedades mecánicas. C-01 y C-03 son predominantemente suelos arenosos (SM, A-2-4) con alto contenido de arena fina, mientras que C-02 muestra una mayor presencia de grava (GC, A-2-6). Los límites de consistencia

solo son aplicables a C-02, indicando cierta plasticidad. La compactación revela que C-02 posee la mayor densidad seca ( $2.178 \text{ gr/cm}^3$ ) y CBR (5%), sugiriendo mejor capacidad de soporte pero siendo una subrasante inadecuada según MTC-14. El pH ácido y baja resistencia indican que las muestras son inadecuadas como subrasante.

De acuerdo al objetivo específico No 2 se evaluó el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetro de 2 y 4 pulgadas sobre la compactación en la subrasante reforzada;

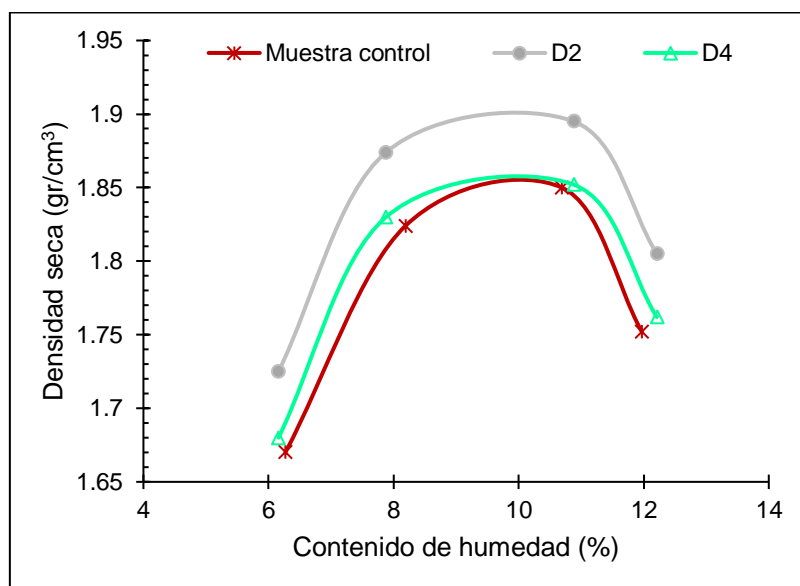


Fig. 7. Curvas de Proctor modificado de cada muestra experimental

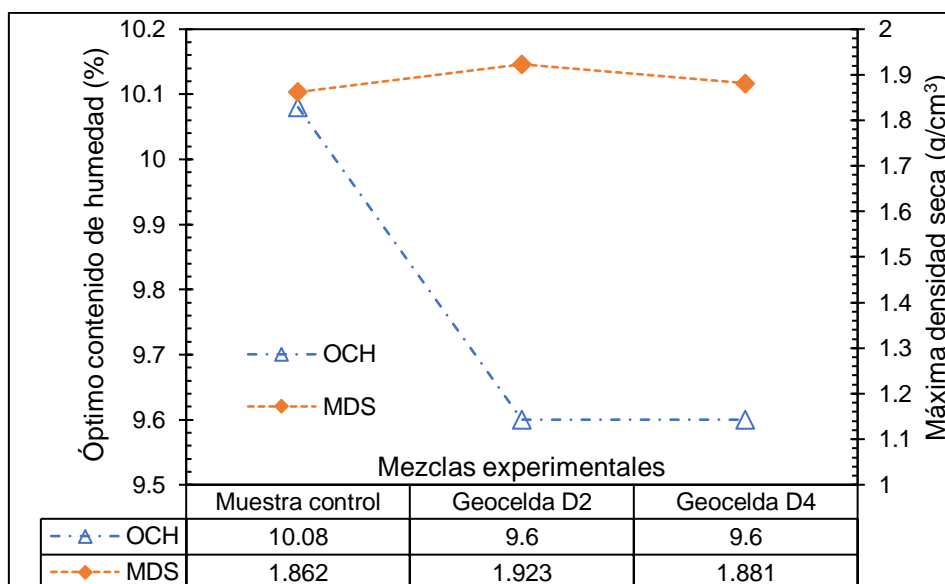


Fig. 8. Comparación de MDS y OCH en muestras de suelo sin y con reforzamiento

Interpretación: En la Figura 7 se observan las curvas de compactación, de acuerdo a



la ASTM D1557. En la Figura 8 se observan los resultados de la prueba de compactación. El uso de geoceldas de tubos de PVC con diferentes diámetros influye en la densidad seca máxima (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH). La muestra con geocelda D2 (2") muestra un incremento en MDS de 3.28% y reduce el OCH en -4.76%, lo cual sugiere mejor compactación por el confinamiento proporcionado. En contraste, la muestra con geocelda D4 (4") reduce la MDS a 1.02% y el OCH se reduce en -4.76%, respecto a la muestra control, indicando menor densificación, probablemente debido al mayor tamaño de los vacíos generados por la estructura de la geocelda.

De acuerdo al objetivo específico No 3 se evaluó el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetro de 2 y 4 pulgadas sobre el CBR en la subrasante reforzada,

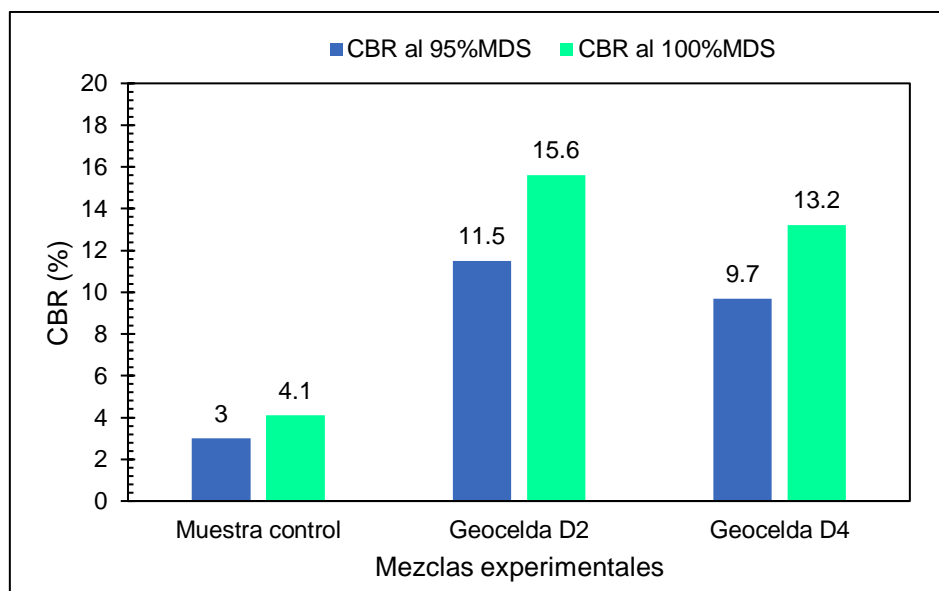


Fig. 9. CBR en muestras de suelo sin y con reforzamiento

Interpretación: En la Figura 9 se observan los resultados de la prueba de CBR de acuerdo a la ASTM D1883. El uso de geoceldas con diferentes diámetros mejora el CBR del suelo de Pimentel. La muestra con geocelda D2 (2") presenta un aumento significativo en el CBR, alcanzando 283.33% al 95% de la densidad máxima seca (MDS) y 280.49% al 100% MDS, lo que sugiere un mejor confinamiento y distribución de la carga, favoreciendo la compactación. Por otro lado, la muestra con geocelda D4 (4") muestra valores de incremento de CBR más bajos (223.33% al 95% MDS y 221.95% al 100% MDS) en comparación con la

muestra control, probablemente debido a un menor efecto de confinamiento lateral, lo que resulta en una menor restricción y compactación en comparación con la geocelda D2.

De acuerdo al objetivo específico No 4 se determinó el costo-beneficio que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la subrasante reforzada por m<sup>2</sup>. En el Anexo 11 se muestra a detalle los costos unitarios, en la siguiente tabla se resumen el costo de suelo reforzado con geoceldas de diámetros variados.

Tabla II.  
Costo unitario directo de suelo reforzado con geocelda por m<sup>2</sup>

Descripción	Costo de suelo reforzado D2 (S/.)	Costo de suelo reforzado D4 (S/.)
Trazo y replanteo inicial y durante la ejecución de la obra.	1.50	1.50
Elaboración de geoceldas con tubería de Diámetro 2"	20.18	-
Elaboración de geoceldas con tubería de Diámetro 4"	-	15.26
Excavación con maquinaria	6.72	6.72
Colocación de geoceldas	2.25	2.25
Relleno y compactación de suelo no cohesivo.	8.61	8.61
<b>Total</b>	<b>39.26</b>	<b>34.34</b>

Nota: Resumen de costo de estabilizar un suelo no cohesivo con geocelda de PVC

Interpretación: En la Tabla II, en términos de costo-beneficio, el uso de tubos de PVC reciclado de 2 pulgadas (D2) se destacó como una opción más económica y efectiva en comparación con los de 4 pulgadas (D4). La mayor eficiencia mecánica lograda con el diámetro de 2 pulgadas permite alcanzar los niveles requeridos de estabilización del suelo con una menor cantidad de material, reduciendo así los costos generales de implementación. Este enfoque no solo optimiza el rendimiento técnico del suelo estabilizado, sino que también representa un ahorro económico y una solución sostenible al reutilizar materiales reciclados.

### 3.2 Discusión

De acuerdo al objetivo específico No 1 donde se determinó las propiedades físicas, mecánicas, y químicas del suelo natural. Las muestras de suelo de Pimentel revelan una heterogeneidad en la granulometría y propiedades mecánicas. Los suelos arenosos de C-01 y C-03, clasificados como SM (A-2-4), presentan alta cantidad de arena fina, lo que reduce su capacidad de soporte debido a la baja cohesión. En cambio, C-02 con mayor proporción de grava (GC, A-2-6) demuestra mejores propiedades mecánicas, con una densidad seca más alta y mayor CBR, lo que sugiere un comportamiento adecuado para aplicaciones con cargas moderadas. Sin embargo, el pH ácido y la baja resistencia general limitan su uso como subrasante, indicando la necesidad de tratamiento previo.

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de Pimentel revela diferencias en su capacidad de soporte, con suelos arenosos (SM) mostrando menor cohesión y capacidad de carga en comparación con aquellos con mayor proporción de grava (GC), que presentan un CBR superior y densidad seca adecuada. Este comportamiento se alinea parcialmente con los hallazgos de Serrano [22], quien mejoró la subbase de pavimentos usando llantas recicladas en suelos SM, logrando un incremento significativo en la resistencia a la penetración. Romero y Vela [23] también observaron mejoras en estabilidad y asentamiento al emplear geomallas con materiales reciclados en arena limosa. Sus resultados indican que los materiales inorgánicos pueden incrementar la capacidad de carga en suelos arenosos y limosos, similar a los beneficios observados en los suelos de Pimentel.

De acuerdo al objetivo específico No 2 se evaluó el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetro de 4 pulgadas sobre la compactación en la subrasante tratada; El uso de geoceldas de tubos de PVC muestra un impacto notable en la compactación del suelo. La geocelda D2 (2") favorece la densificación del suelo al aumentar la MDS (1.56 g/cm<sup>3</sup>) y mantener el OCH constante (12%), lo cual indica una mejora en la capacidad de confinamiento. Esto puede atribuirse a la mayor efectividad de las celdas más pequeñas en restringir lateralmente el suelo. En contraste, la geocelda D4 (4") genera una MDS menor

(1.34 g/cm<sup>3</sup>) y disminuye el OCH (11%), lo que sugiere una mayor tendencia a la formación de vacíos grandes y menor compactación, posiblemente debido a la estructura más amplia de la geocelda.

En el presente estudio, se observó que las geoceldas de PVC de 2 pulgadas mejoran la compactación y densificación de la subrasante, destacando que las celdas de menor diámetro tienen un impacto positivo en la densidad. En contraste, Romero y Vela [23] reportaron que geomallas de latas de aluminio y botellas plásticas fueron más efectivas en ciertos parámetros de asentamiento que las geoceldas de PVC. Meidudga et al. [17] usaron botellas PET como geoceldas para reducir el uso de materiales en subrasantes, logrando una reducción del 65%. Bhanwar et al. [16] y Zhu et al. [14] también subrayan la relevancia del tamaño y rigidez de las geoceldas para mejorar la estabilidad y fricción del suelo, coincidiendo en su importancia para la compactación del suelo tratado.

De acuerdo al objetivo específico No 3 se evaluó el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetro de 4 pulgada sobre el CBR en la subrasante tratada, Los ensayos de CBR indican que las geoceldas mejoran la resistencia del suelo, siendo más efectivo el uso de geoceldas D2 (2"). Esta muestra alcanza mayores valores de CBR tanto al 95% como al 100% de la MDS, con 283% y 280%, respectivamente. La mejora se debe a un mejor confinamiento del suelo, que optimiza la distribución de cargas y favorece la compactación. Por otro lado, las geoceldas D4 (4") muestran un incremento menor en el CBR (223% al 95% MDS y 221% al 100% MDS), lo que indica una menor eficiencia en el confinamiento lateral y, por ende, una capacidad de soporte reducida en comparación con la geocelda D2.

En el presente estudio, las geoceldas de PVC de 2 pulgadas demostraron mejorar significativamente el CBR del suelo tratado, alcanzando un aumento del 283% al 95% de la MDS. En comparación, Asha [15] evaluó botellas de PET como refuerzo y encontró que la configuración de cuatro botellas era eficaz para cargas mayores, resaltando el uso de materiales reciclados en la mejora del suelo. Nagatani et al. [13] también destacaron la

efectividad de las geoceldas en aumentar la resistencia contra el levantamiento de tuberías, mientras que Dandin et al. [12] observaron que botellas de PET bajo cenizas volantes mejoraron la distribución de carga en rellenos estructurales. Asimismo, Taipe [21] reportó que geoceldas de envases metálicos reciclables aumentaron la resistencia del suelo en un 116%, demostrando beneficios similares en estabilidad y compactación del terreno.

De acuerdo al objetivo específico No 4 se determinó el costo-beneficio que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la subrasante reforzada por m<sup>2</sup>. En este estudio, el uso de tubos de 2 pulgadas demostró ser más eficiente en términos de costo-beneficio y rendimiento mecánico, ya que permite estabilizar el suelo con menor cantidad de material en comparación con tubos de mayor diámetro. Este enfoque optimiza tanto el rendimiento como el costo, algo que podría contrastarse con estudios que hayan evaluado diferentes diámetros o materiales en geo tecnología.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

El presente estudio ha permitido identificar las características granulométricas y las propiedades mecánicas de las muestras de suelo de Pimentel, así como el efecto del uso de geoceldas de PVC con diferentes diámetros en la mejora de la compactación y capacidad de soporte del suelo. A partir de los resultados obtenidos, se han establecido una serie de conclusiones que proporcionan una visión integral sobre el comportamiento del suelo bajo distintas condiciones de confinamiento y compactación, a continuación:

Las muestras de suelo de Pimentel presentan variabilidad en su composición granulométrica y propiedades mecánicas, con predominancia de suelos arenosos en C-01 y C-03, y mayor presencia de grava en C-02, lo que influye en su capacidad de soporte y compactación.

El uso de geoceldas de PVC de diámetro de 2" mejora la densificación del suelo, aumentando la densidad seca máxima y el CBR en comparación con la geocelda de diámetro de 4", debido a un mejor confinamiento y distribución de la carga.

La geocelda de diámetro de 4" proporciona menor mejora en la capacidad de soporte del suelo, probablemente debido a la mayor separación entre los puntos de confinamiento, lo que reduce la efectividad en la compactación.

En conclusión, las geoceldas a base de tubos reciclados de PVC de mayor diámetro representan una opción especialmente recomendada en proyectos que priorizan la sostenibilidad ambiental y la reducción de costos, particularmente en aplicaciones de carga moderada.

## 4.2 Recomendaciones

Con base en las conclusiones derivadas del análisis de las muestras de suelo y los ensayos realizados con geoceldas, se plantean recomendaciones orientadas a optimizar el uso de técnicas de mejoramiento del suelo en proyectos de ingeniería civil. Estas sugerencias buscan mejorar la estabilidad y capacidad de soporte del terreno, teniendo en cuenta las características específicas del suelo y los métodos de estabilización aplicados, se sugiere lo siguiente:

Utilizar geoceldas de 2" para mejorar la compactación y capacidad de soporte en suelos arenosos o con baja cohesión, debido a su mejor efecto de confinamiento.

Realizar pruebas adicionales para evaluar la influencia del pH ácido del suelo en la durabilidad de las geoceldas de PVC y su impacto a largo plazo en las propiedades mecánicas del suelo.

Considerar la combinación de geoceldas con otros estabilizadores o aditivos para mejorar las propiedades de suelos que presenten baja resistencia y alta acidez, optimizando su desempeño como subrasante.

Las geoceldas de PVC reciclado ofrecen ventajas frente a otros refuerzos de suelo, como anclajes, geotextiles y columnas de grava. Son más sostenibles, reducen costos y controlan mejor la deformación. Otros métodos implican costos y logística elevados, o menor durabilidad y capacidad de confinamiento en condiciones adversas.

## REFERENCIAS

- [1] M. Fattah and W. Mohammed Redha, "Protection of flexible pipes from dynamic surface stresses by geocell-reinforced sand backfill," *International Journal of Mining and Geo-Engineering*, vol. 56, no. 1, pp. 61-66, 2022.
- [2] A. G. K. Kaur and P. Singh, "Bearing Capacity Improvement Using Geocell Reinforced Sand," in *Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Waste Management through Design. ICSWMD 2018*, 2019.
- [3] A. K. Choudhary, J. N. Jha and S. Fulambarkar, "Strength and Deformation Characteristics of Bottom-Ash Reinforced with Single Geocell Mattress Made of Waste Pet Bottles," in *Geo-Congress 2019: Geoenvironmental Engineering and Sustainability (GSP 312)*, 2019.
- [4] S. Shah, Y. Alwani and M. Solanki, "Study the Potential of Plastic Waste Bottles as Geo-Cells for Maintenance of Pot-Holes in Flexible Pavement," in *Proceedings of the Indian Geotechnical Conference 2019*, Singapore, 2019.
- [5] S. Banerjee, B. Manna and J. Shahu, "Geocell as a Promising Reinforcement Technique for Road Pavement: A State of the Art," *Indian Geotechnical Journal*, vol. 54, p. 1644–1665, 2024.
- [6] S. Kolathayar, P. Suja, V. Nair, S. Krishna and G. Tamilarasi, "Performance evaluation of seashell and sand as infill materials in HDPE and coir geocells," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 4, no. 17, 2019.
- [7] S. Kolathayar and R. Gadekari, "Model Footing Tests and Analytical Studies on Clayey Soil Bed Reinforced with Coconut Shell Mat," *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, vol. 8, no. 28, 2022.
- [8] Z. Zuo, X. Hao, H. Li, W. Wang, G. Yang and Y. Liu, "Experimental Investigations on the Tensile Mechanical Behavior of HDPE Geocell Stri,"



*Sustainability*, vol. 15, no. 10, p. 7820, 2023.

- [9] M. Asha and V. Divya, "Geocell Applications in Stabilizing Waste Materials for Sustainable Pavement Constructions," in *Transactions in Civil and Environmental Engineering*, Mangalore, 2020.
- [10] M. Rahimi, M. Parvizi Omran, T. S. Moghaddas and A. Norouzi, "Experimental Investigation of the Behavior of Soil Reinforced with Used PET Bottles," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 41, p. 1909–1920, 2023.
- [11] INDECI, «Estudios de Ciudades Sostenibles,» 2003.
- [12] 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.
- [13] T. Nagatani, Y. Sawada, Y. Inoue, S. Ito, H. I. Ling and T. Kawabata, "New geocell utilisation as a pipe uplifting countermeasure and its validation using model experiments," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 52, no. 3, pp. 319-331, 2024.
- [14] Y. Zhu, Y. Li, K. Wang and S. Peng, "Study on Mechanical Performance and Reinforcement Mechanisms of Geocell-Reinforced Soil," *Transportation Research Record*, vol. 2678, no. 7, pp. 857-877, 2024.
- [15] M. N. Asha, "Reuse of non-degradable waste PET bottles for ground improvement," *Geomechanics and Geoengineering*, pp. 1-11, 2024.
- [16] P. Bhanwar, S. Ahirwar and T. Dave, "Reuse of Waste HDPE Bottle-Derived Geocells for Stabilization of Hilly Roadway Slopes," in *Advances in Transportation Geotechnics IV*, Champaign, 2021.
- [17] R. E. Meidudga, F. Faris, H. C. Hardiyatmo and A. A. Diansyah, "Utilization of Plastic Waste Polyethylene (PET) for reinforced subgrade," in *ICST*

2021 – *The 2nd Geoscience and Environmental Management Symposium*, 2021.

- [18] S. Kolathayar, S. Sowmya and E. Priyanka, "Comparative Study for Performance of Soil Bed Reinforced with Jute and Sisal Geocells as Alternatives to HDPE Geocells," *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, vol. 6, no. 53, 2020.
- [19] M. A. Khan, N. Biswas, A. Banerjee and A. J. Puppala, "Performance of Geocell-Reinforced Recycled Asphalt Pavement (RAP) Bases in Flexible Pavements Built on Expansive Soils," in *Geo-Congress 2020: Geotechnical Earthquake Engineering and Special Topics (GSP 318)*, 2020.
- [20] F. O. Rojas Velarde, Artist, *Estudio de la efectividad de las geoceldas elaboradas de llantas recicladas en subrasante de arcilla - Huancayo 2021*. [Art]. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2023.
- [21] M. Taipei Carhuancho, Artist, *Aplicación de geoceldas de envases metálicos reciclables en la estabilización del suelo fino, carretera del distrito Chacapampa, Junín*. [Art]. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022.
- [22] M. L. J. Serrano, Artist, *Efectos de la reutilización de llantas recicladas como alternativa de mejoramiento de la subbase de pavimentos flexibles, Chorrillos 2021*. [Art]. Universidad César Vallejo, 2021.
- [23] J. I. Romero Bardales and J. R. Vela Valera, Artists, *Valorización de residuos sólidos inorgánicos para su aprovechamiento en estabilización de suelos en San Juan 2019*. [Art]. Universidad Científica del Perú - UCP, 2021.
- [24] R. K. Tadví and G. Gadve, "Improvement of Stability of Potholes Using Geocell," *International Journal Of Multidisciplinary Research In Science, Engineering and Technology (IJMRSET)*, vol. 6, no. 10, 2023.
- [25] L. Zipoli and N. J. Avesani, "Evaluation of back-calculated elastic moduli of unreinforced and geocell-reinforced unbound granular material from full-scale

- field tests," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 50, no. 5, pp. 910-921, 2022.
- [26] B. Evirgen, H. O. Kara, M. S. Uzun, A. A. Gültekin, M. Tos and V. Öztürk, "The effect of the geometrical properties of geocell reinforcements between a two-layered road structure under overload conditions," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 20, p. e02793, 2024.
- [27] G. Tavakoli Mehrjardi, R. Behrad and T. S. Moghaddas, "Scale effect on the behavior of geocell-reinforced soil," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 47, no. 2, pp. 154-163, 2019.
- [28] M. Vibhoosha, A. Bhasi and S. A. Nayak, "Review on the Design, Applications and Numerical Modeling of Geocell Reinforced Soil," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 39, p. 4035–4057, 2021.
- [29] A. Markiewicz, E. Koda and J. Kawalec, "Geosynthetics for Filtration and Stabilisation: A Review," *Polymers*, vol. 14, no. 24, p. 5492, 2022.
- [30] 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.
- [31] A. Krishna and G. Latha, "Evolution of Geocells as Sustainable Support to Transportation Infrastructure," *Sustainability*, vol. 15, no. 15, p. 11773, 2023.
- [32] P. Krishnaraj, G. Manju and G. Latha, "Physical and Numerical Shaking Table Studies on Geocell-Reinforced Retaining Walls," *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, vol. 9, no. 62, 2023.
- [33] K. Sherin, N. Sankar and S. Chandrakaran, "Behaviour of Geocell-Reinforced Sand Under Shear Loading," *Indian Geotechnical Journal*, vol. 52, p. 1292–1312, 2022.
- [34] A. Vismaya, M. Simon and P. Jayasree, "Effect of Submergence on Settlement and Bearing Capacity of Sand Reinforced with Pet Bottle Geocell," in

*Ground Improvement and Reinforced Soil Structures*, Singapore., 2022.

- [35] G. Latha, K. Rajagopal and N. Krishnaswamy, "Experimental and theoretical investigations on geocell-supported embankments," *International Journal of Geomechanics*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [36] N. Krishnaswamy, K. Rajagopal and G. Latha, "Model studies on geocell supported embankments constructed over a soft clay foundation," *Geotechnical Testing Journal*, vol. 23, no. 1, p. 44–49, 2020.
- [37] A. Krishna and G. Latha, "Evolution of Geocells as Sustainable Support to Transportation Infrastructure," *Sustainability*, vol. 15, p. 11773, 2023.
- [38] I. Mehdipour, M. Ghazavi and R. Z. Moayed, "Numerical study on stability analysis of geocell reinforced slopes by considering the bending effect," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 37, pp. 23-34, 2023.
- [39] O. Khalaj, S. Moghaddas Tafreshi, B. Mask and A. Dawson, "Improvement of pavement foundation response with multi-layers of geocell reinforcement: Cyclic plate load test," *Geomechanics and Engineering*, vol. 9, no. 3, p. 373–395, 2019.
- [40] P. Rimoldi, J. Shamrock, J. Kawalec and N. Touze, "Sustainable use of geosynthetics in dykes," *Sustainability*, vol. 13, no. 8, p. 4445, 2021.
- [41] A. Puppala, A. Banerjee and S. Congress, "Geosynthetics in geo-infrastructure applications," in *In Durability of Composite Systems, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering; Reifsnider, K.L., Ed.*, Sawston, UK, 2020.
- [42] N. Touze, "Free Access Healing the world: a geosynthetics solution," *Geosynthetics International*, vol. 28, no. 1, pp. 1-31, 2021.
- [43] W. Powrie, *Soil Mechanics Concepts and Applications*, Taylor & Francis Group, 2018.

- [44] B. M. Das, Fundamentos de Ingeniería geotécnica, 4 ed., Cengage Learning, 2015.
- [45] F. Roger, C. Fahd and B. Sébastien, Design of Shallow and Deep Foundations, CRC Press, 2021.
- [46] W. Gutiérrez Lázares, Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte, Macro EIRL, 2021.
- [47] A. Patel, Geotechnical Investigations and Improvement of Ground Conditions, Matthew Deans, 2019.
- [48] MTC/14, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos:, RD N° 10-2014-MTC/14 (09.04.2014), 2014.
- [49] R. Gedela and R. Karpurapu, "Influence of pocket shape on numerical response of geocell reinforced foundation systems," *Geosynthetics International*, vol. 28, p. 327–337, 2021a.
- [50] R. Gedela and R. Karpurapu, "Laboratory and Numerical Studies on the Performance of Geocell Reinforced Base Layer Overlying Soft Subgrade," *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering* , vol. 7, no. 7, 2021b.
- [51] R. J. C. Cristobal, «Estabilización artesanal de suelos blandos aplicando geoceldas elaborados con botellas de PET – Huancayo, 2022,» Repositorio institucional de Tesis de pregrado [Universidad Continental], Huancayo, 2024.
- [52] M. O. Mendoza Bustinza and M. A. Torres Zevallos, "Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con geoceldas según la metodología mecanicista para reemplazo del pavimento deteriorado de la avenida Defensores del Morro, tramo: Pantanos de Villa, Chorrillos, 2019-2022," Repositorio institucional de tesis de pregrado [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)], Lima, 2022.

- [53] S. K. Pokharel, "Experimental Study on Geocell-Reinforced Bases under Static and Dynamic Loading," Thesis Doctor of Philosophy [University of Kansas], Kansas, 2010.
- [54] GRI -GS15 Standard Specification, "Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Geocells Made From High Density Polyethylene (HDPE) Strips," Geosynthetic Institute, Folsom, PA, 2017.
- [55] Pavco, «Refuerzo de vías Geocelda Especificaciones Técnicas,» Mexichem Geosynthetics, Mexico, 2018.
- [56] R. Hernández-Sampieri y T. C. P. Mendoza, Metodología de la Investigación, Mexico D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2018.
- [57] M. Borja, Metodología de la investigación científica para ingenieros, Chiclayo, 2016.
- [58] Universidad Señor de Sipán S.A.C., «CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.,» RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO N° 053-2023/PD-USS, 2023.

## **ANEXOS**


**Anexo 1. DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado** del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS**

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, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el 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:

Bach. Perez Ramos, John Amberly	DNI: 75940654	
---------------------------------	---------------	---

Pimentel, 25 de octubre de 2024.



## Anexo 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN				
TESISTA: JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS				
Título	Aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos			
Problema	Hipótesis	Objetivo General	Objetivo Específico	Diseño de Investigación
<p>¿En qué medida influye la aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados en la estabilización de suelos no cohesivos?</p>	<p>La aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados si produce efectos positivos en la estabilización de suelos no cohesivos.</p>	<p>Determinar el efecto de la aplicación de geoceldas a base de tubos PVC reciclados en la estabilización de suelos no cohesivos.</p>	<p>OE1: Determinar las propiedades físicas, mecánicas, y químicas del suelo natural. OE 2: Evaluar el efecto que produce la geocelda a base de tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas sobre la compactación en la subrasante reforzada; OE3: Evaluar el efecto que produce la geocelda a base de tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas sobre el CBR en la subrasante reforzada. OE4: Determinar el costo-beneficio que produce la geocelda a base de tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la subrasante reforzada por m<sup>2</sup>.</p>	<p>Diseño de investigación EXPERIMENTAL - Sub tipo CUASI EXPERIMENTAL</p> <p>Tipo de investigación APLICADA - Enfoque CUANTITATIVO</p>

### Anexo 3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

Título de tesis: Aplicación de Geoceldas a Base de Tubos PVC Reciclados Para la Estabilización de Suelos No Cohesivos

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Variable dependiente: Estabilización de Suelos No Cohesivos	La distribución de los tamaños de partículas dentro del suelo, lo que influye directamente en su estabilidad y capacidad para drenar agua [42].	La estabilización de suelos no cohesivos mejora su capacidad de carga y durabilidad mediante técnicas como adición de estabilizantes, compactación y drenaje, optimizando su uso en proyectos de ingeniería.	Características Físicas	Granulometría Contenido de Humedad Peso Especifico. pH Sales solubles	Observación y revisión documentaria, Equipo de Laboratorio, Ficha de recolección de datos.	mm % -- % gr/cm <sup>3</sup>		
			Características mecánicas	Compactación Capacidad de soporte California	Observación y revisión documentaria, Equipo de Laboratorio, Ficha de recolección de datos.	gr/cm <sup>3</sup> %	Numérica	De razón
			Costo	Costo-beneficio		\$/ (Soles)		

Título de tesis: Aplicación de Geoceldas a Base de Tubos PVC Reciclados Para la Estabilización de Suelos No Cohesivos

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente: Geoceldas a Base de Tubos PVC Reciclados	Las geoceldas, que son un tipo de geosintético, se destacan por su disposición celular tridimensional en forma de panel.	Las geoceldas de tubos PVC reciclados son estructuras tridimensional es que estabilizan el suelo, mejoran la capacidad de carga y reducen la erosión, favoreciendo prácticas sostenibles en ingeniería civil y ambiental.	Dimensiones	Diámetro Altura	Observación y revisión documentaria, Equipo de Laboratorio, Ficha de recolección de datos.	mm %		
	Esta estructura proporciona confinamiento al material de relleno compactado, limitando su expansión lateral y mejorando así la estabilidad y eficiencia del relleno [30].		Material	PVC	-	gr/cm <sup>3</sup>	Numérica	De razón

## Anexo 4. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



# CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-090-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0644	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
3. Dirección	CAL.LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
4. Instrumento calibrado	<b>MAQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL (PRENSA MULTIUSOS)</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
Marca	FORNEY	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
Modelo	LA-3626-220		
N° de serie	2491		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	U.S.A.		
Intervalo de indicación	0 kgf a 5000 kgf		
Resolución	0,1 kgf		
Clase de exactitud	NO INDICA		
Modo de fuerza	Compresión		
Indicador Digital			
Marca	HIWEIGH	Serie	NO INDICA
Modelo	315	Resolución	0,1 kgf
Transductor de Presión			
Marca	ZEMIC	Serie	M2D023720
Modelo	H3-C3-5.ot-6B-C		
5. Fecha de calibración	2024-05-18		

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 24/05/2024 17:50:15-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
📱 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### CA-LT-030-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

- Expediente:** 0644
- Solicitante:** LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
- Dirección:** CAL.LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
- Equipo:** **HORNO DE SECADO**  
**Marca:** PERUTEST  
**Modelo:** PT-H225  
**N° de serie:** 0120  
**Procedencia:** NO INDICA  
**Identificación:** NO INDICA  
**Ubicación:** LABORATORIO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	-50 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

- Fecha de calibración** 2024-05-18

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 24/05/2024 17:50:20-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
📘 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0176-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0644	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C.E.I.R.L. - LEMS W & C.E.I.R.L.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	CAL LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	AMPUT	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	NO INDICA	
N° de serie	457	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Capacidad máxima:	2000 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Capacidad mínima	5 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2024-05-18	

Fecha de Emisión

2024-05-24



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 24/05/2024 17:50:18-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
📘 CALIBRATEC SAC

## Anexo 5. FICHA DE VALIDEZ DE JUICIO EXPERTO



JUEZ 01  
Colegiatura N° 260523

### Ficha de validación según AIKEN

#### I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
JORGE JHANCARLO SILVA LEZAMA	Gerente de infraestructura de la municipalidad distrital de Nueva Arica	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR Y CBR	JHON AMBERLY PEREZ RAMOS
<b>Título de la Investigación:</b>			
"APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS."			

#### II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Compactación Proctor	A	CONFORME
CBR	A	CONFORME

#### III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Ensayos de Concreto Compactación Proctor	X		X		X		X	
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones:

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre el "APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS."

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir ( )
- No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil

  
-----  
Jorge Jhancarlo Silva Lezama  
 INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 260523

---

Juez Experto



**JUEZ 02**  
**Colegiatura N° 301993**

**Ficha de validación según AIKEN**

**IV. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
ESTEFANI MILAGROS SILVA LEZAMA	Subgerente de SILE Ingenieros	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR Y CBR	JHON AMBERLY PEREZ RAMOS
<b>Título de la Investigación:</b>			
" APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS "			

**V. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Compactación Proctor	A	CONFORME
CBR	A	CONFORME

**VI. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Ensayos de Concreto Compactación Proctor	X			X	X		X	
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones:

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre el " APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS "

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir (    )
- No aplicable (    )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil



ESTEPANI MILAGROS  
SILVA LEZAMA  
Ingeniera Civil  
CIP Nº 301993

---

Juez Experto

**JUEZ 03**  
**Colegiatura N°336402**

**Ficha de validación según AIKEN**

**VII. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
WILLY JESUS GAONA OBLITAS	Asistente de Residente del Consorcio AGUA Y SENEAMIENTO, NIEVA	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR Y CBR	JHON AMBERLY PEREZ RAMOS
<b>Título de la Investigación:</b>			
" APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS"			

**VIII. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Compactación Proctor	A	CONFORME
CBR	A	CONFORME

**IX. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Ensayos de Concreto</b>								
1	Compactación Proctor	X		X		X			X
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones:

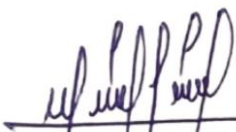
Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre el "APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS "

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir (   )
- No aplicable (   )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil

  
WILLY JESUS GAONA OBLITAS  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP 336402

---

Juez Experto

**JUEZ 04**  
**Colegiatura N° 322842**

**Ficha de validación según AIKEN**

**x. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
ARNOLD JEAN POOL ZAGAL ANCAJIMA	Gerente de HZ PROYECTOS, INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR, CBR Y PERMEABILIDAD	JHON AMBERLY PEREZ RAMOS
<b>Título de la Investigación:</b>			
" APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS "			

**xI. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Compactación Proctor	A	CONFORME
CBR	A	CONFORME

**xII. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Ensayos de Concreto</b>								
1	Compactación Proctor	X		X		X		X	
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones:

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre el "APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS"

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir ( )
- No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil



ARNOLDO JEAN POOL ZAGAL ANCAJIMA  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 322842

---

Juez Experto

**JUEZ 05**  
**Colegiatura N° 272806**

**Ficha de validación según AIKEN**

**xiii. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
JOSÉ YORDI TORO SUÁREZ	Ingeniero de calidad	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR Y CBR	JHON AMBERLY PEREZ RAMOS
<b>Título de la Investigación:</b> " APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS"			

**xiv. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Compactación Proctor	A	CONFORME
CBR	A	CONFORME

**xv. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Ensayos de Mortero</b>								
1	Compactación Proctor		X	X		X			X
2	CBR	X		X		X		X	

Observaciones:

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre el " APLICACIÓN DE GEOELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS"

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir ( )
- No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil



JOSE YORDI TORO SUAREZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 272806

---

Juez Experto



## Anexo 6. INFORME DE AUTORIZACIÓN Y TÉCNICOS DE LABORATORIO



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
servicios@lemswyc.com

### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 18 de octubre de 2024

Quien suscribe:

Sr(a). Yessenia Herrera Vasquez

(e) Gerente General – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C  
E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS DE PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS".

Por el presente, quien suscribe, Yessenia Herrera Vasquez, Gerente General encargada de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Perez Ramos John Amberly, identificado con DNI N°75940654, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN y autor del trabajo de investigación denominado "Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados;

- SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico. (3)
- SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo (3)
- SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. (3)
- SUELO. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo. (3)
- Método de ensayo normalizado para la determinación del valor de Ph en suelos y agua subterráneas. (3)
- ENSAYO Sales solubles totales (3)
- Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. (5)

Atentamente.

  
LEMS W&C EIRL.  
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ  
(e) GERENTE GENERAL



Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.I.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Muestra: : Suelo natural Pimentel- C1

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite Líquido (LL) N.P. (%)
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) N.P. (%)
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) N.P. (%)
22.15	25.000	0.0	100.0		
74.08	19.000	3.0	97.0		
13.64	12.500	3.9	96.1		
8.28	9.500	4.5	95.5		
Nº 4	4.750	6.1	93.9		
Nº 10	2.000	7.9	92.1		
Nº 20	0.850	11.7	88.3		
Nº 40	0.425	29.7	70.3		
Nº 60	0.250	56.1	43.9		
Nº 140	0.106	72.4	27.6		
Nº 200	0.075	73.0	27.0		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	3.0		6.1	
	G. F %	3.1			
% Arena	AG %	1.8			
	AM %	21.8			
	AF %	43.3		66.9	
% Arcilla y Limo		27.0		27.0	
<b>Total</b>				<b>100.0</b>	
<b>Contenido de Humedad</b>				7.34	<b>BUENO</b>

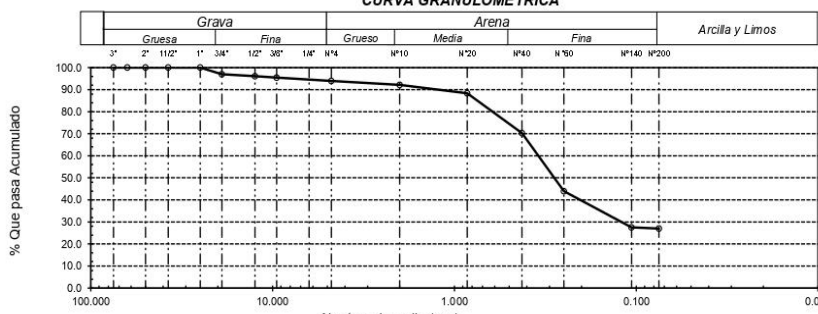
  

CURVA DE FLUIDEZ	
(% HUMEDAD)	Nº DE GOLPES
10.00	100.00
16.00	
100.00	

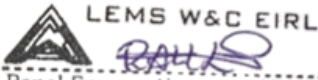
  

Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Descripción del suelo		<b>Arena limosa</b>
Clasificación (AASHTO)		A-2-4 (0)
Descripción		<b>BUENO</b>

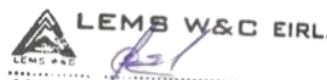
  

CURVA GRANULOMETRICA				
Grava		Arena		Arcilla y Limos
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
3"	2" 11/2"	1"	3/4"	1/2"
		3/8"	1/4"	Nº 10
				Nº 20
				Nº 40
				Nº 60
				Nº 140
				Nº 200
				

Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque  
 Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N. I.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

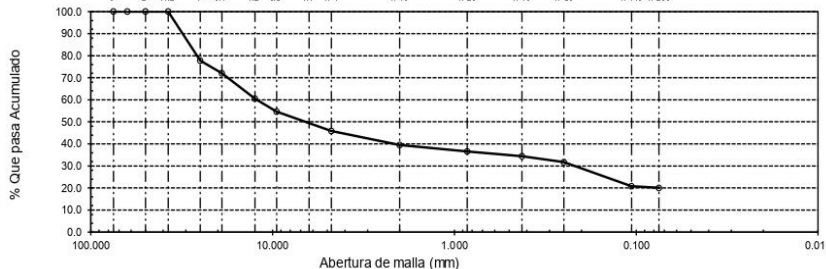
Muestra: : Suelo natural Pimentel- C2

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Limite de Atterberg	
3.16	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
5.66	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 24.78 (%)
9.54	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 12.22 (%)
26.69	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 12.56 (%)
22.15	25.000	22.2	77.8		
74.08	19.000	27.9	72.1		
13.64	12.500	39.5	60.5		
8.28	9.500	45.3	54.7		
Nº 4	4.750	54.1	45.9		
Nº 10	2.000	60.5	39.5		
Nº 20	0.850	63.4	36.6		
Nº 40	0.425	65.6	34.4		
Nº 60	0.250	68.3	31.7		
Nº 140	0.106	79.2	20.8		
Nº 200	0.075	79.9	20.1		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	27.9			
	G. F %	26.2	54.1		
% Arena	AG %	6.4			
	AM %	5.1			
	AF %	14.3	25.8		
% Arcilla y Limo		20.1	20.1		
<b>Total</b>			100.0		
Contenido de Humedad				4.82	REGULAR

CURVA DE FLUIDEZ	
(% HUMEDAD)	Nº DE GOLPES
25	16.00
	100.00

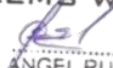
  

CURVA GRANULOMETRICA				
Grava		Arena		Arcilla y Limos
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina
3"	2" 11/2"	1"	3/4"	1/2"
		3/8"	1/4"	Nº 4
		Nº 10	Nº 20	Nº 40
		Nº 60	Nº 140	Nº 200
				

Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

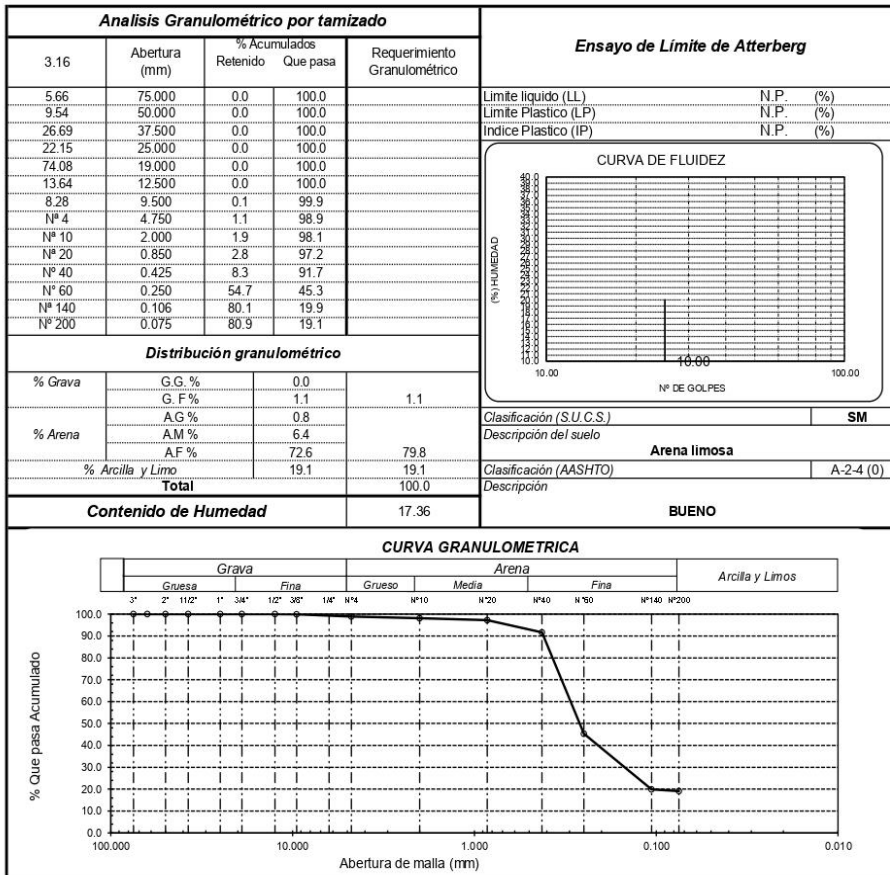
Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.I.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998


Muestra: : Suelo natural Pimentel- C3



Observaciones:  
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Sábado, 28 de setiembre del 2024

Muestra de Suelo: Pimentel, Chiclayo , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

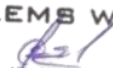
<i>Calicata</i>	: C-1
<i>Muestra</i>	: M-1
<i>Profundidad</i>	: 0.00m - 0.50 m
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.71</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.  
Ronal Enrique Altamirano Llantop  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Sábado, 28 de setiembre del 2024

Muestra de Suelo: Pimentel, Chiclayo , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

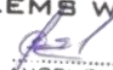
<u>Calicata</u> : C-2	
<u>Muestra</u> : M-1	
<u>Profundidad</u> : 0.00m - 0.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.62</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.  
Ronal Enrique Altamirano Llontop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Dist. Pimentel. Prov de Chiclayo, Depart. Lambayeque

Fecha de Apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Viernes, 27 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Sábado, 28 de setiembre del 2024

Muestra de Suelo: Pimentel, Chiclayo , Lambayeque

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999


<i>Calicata</i> : C-3	
<i>Muestra</i> : M-1	
<i>Profundidad</i> : 0.00m - 0.50 m	
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	<b>2.64</b>

Observación:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llontop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246994

Solicitud : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.  
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Muestra : Jueves, 26 de setiembre del 2024

Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación del valor de Ph en suelos y agua subterránea

Referencia : NTP. 339.176  
 Muestra : C-01- M1

pH	: 5.37
pH	: 5.40
pH	: 5.24
<b>pH promedio</b>	<b>: 5.34</b>

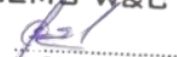
Disoluciones ácidas:  $[H^+] > 1,0 \times 10^{-7} M, pH < 7,00$   
 Disoluciones básicas:  $[H^+] < 1,0 \times 10^{-7} M, pH < 7,00$   
 Disoluciones neutras:  $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7} M, pH = 7,00$



Observación:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.  
 Instrumentos:  
 - Agua destilada, solución buffer estándar, vasos precipitado de 250ml



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 246994



Solicitud : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.  
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Muestra : Jueves, 26 de setiembre del 2024

Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación del valor de Ph en suelos y agua subterránea

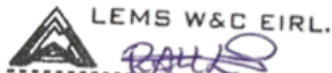
Referencia : NTP. 339.176  
 Muestra : C-02. M1

pH	: 9.10
pH	: 9.20
pH	: 9.16
<b>pH promedio : 9.15</b>	

Disoluciones ácidas:  $[H^+] > 1,0 \times 10^{-7} M, P^H < 7,00$   
 Disoluciones básicas:  $[H^+] < 1,0 \times 10^{-7} M, P^H < 7,00$   
 Disoluciones neutras:  $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7} M, P^H = 7,00$



Observación:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.  
 Instrumentos:  
 - Agua destilada, solución buffer estándar, vasos precipitado de 250ml



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Almirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 246994

Solicitud : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.  
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024  
 Muestra : Jueves, 26 de setiembre del 2024

Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación del valor de Ph en suelos y agua subterránea

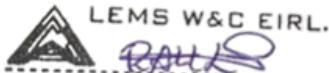
Referencia : NTP. 339.176  
 Muestra : C-03. M1

pH	: 4.10
pH	: 4.20
pH	: 4.16
<b>pH promedio</b>	<b>: 4.15</b>

Disoluciones ácidas:  $[H^+] > 1,0 \times 10^{-7} M, P^H < 7,00$   
 Disoluciones básicas:  $[H^+] < 1,0 \times 10^{-7} M, P^H < 7,00$   
 Disoluciones neutras:  $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7} M, P^H = 7,00$



Observación:  
 - Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.  
 Instrumentos:  
 - Agua destilada, solución buffer estándar, vasos precipitado de 250ml



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llontop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 246994

**INFORME**

Solicitud de ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante: : John Amberly Perez Ramos

Proyecto: : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación: : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SALES SOLUBLES TOTALES

REFERENCIA : MTC E 219

Identificación:

Muestra : Suelo natural Pimentel

Cantera : C-01. M1

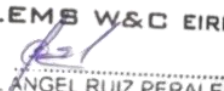
<b>Constituyentes de sales solubles totales (%)</b>	455
<b>Constituyentes de sales solubles totales (ppm)</b>	0.05

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Alramirano Llantop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246994

**INFORME**

Solicitud de ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante: : John Amberly Perez Ramos

Proyecto: : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación: : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SALES SOLUBLES TOTALES

REFERENCIA : MTC E 219

Identificación:

Muestra : Suelo natural Pimentel

Cantera : C-02. M1

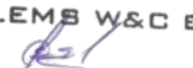
<b>Constituyentes de sales solubles totales (%)</b>	576
<b>Constituyentes de sales solubles totales (ppm)</b>	0.06

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.  
Ronal Enrique Altamirano Llantop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246994

**INFORME**

Solicitud de ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
Solicitante: : John Amberly Perez Ramos

Proyecto: : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación: : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024

Inicio de ensayo : Lunes, 23 de setiembre del 2024

Fin de ensayo : Jueves, 26 de setiembre del 2024

ENSAYO : SALES SOLUBLES TOTALES

REFERENCIA : MTC E 219

Identificación:

Muestra : Suelo natural Pimentel  
Cantera : C-03. M1


<b>Constituyentes de sales solubles totales (%)</b>	1030
<b>Constituyentes de sales solubles totales (ppm)</b>	0.10

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
Ronal Enrique Altamirano Llontop  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246994

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C** (Pág. 01 de 02)  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C1  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

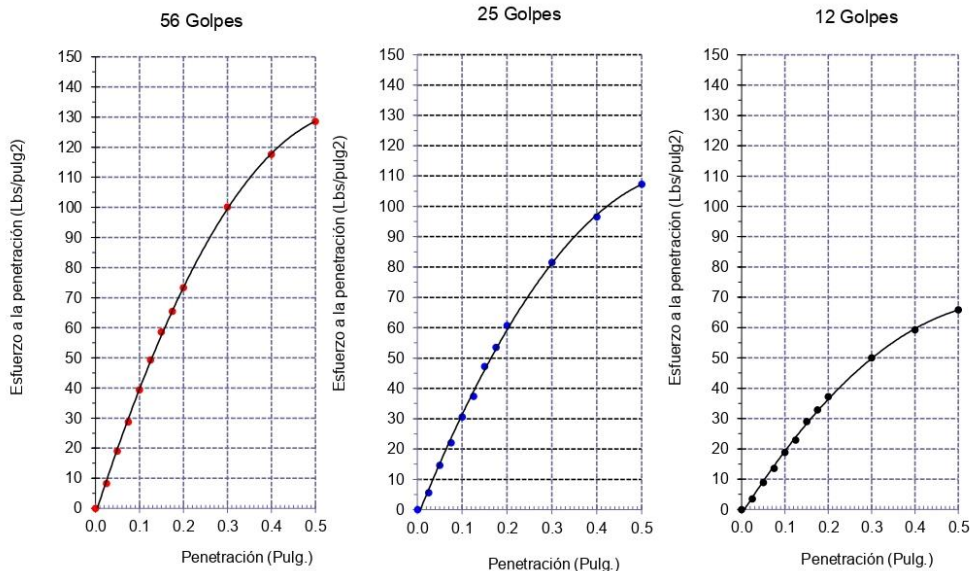
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceladas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C1  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

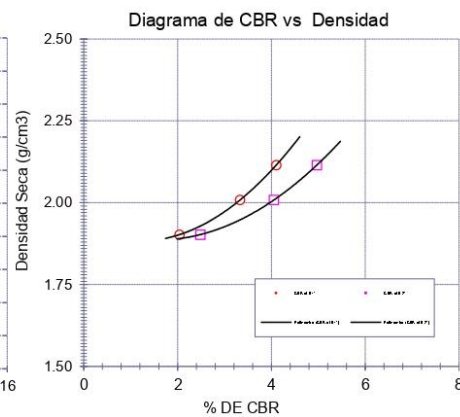
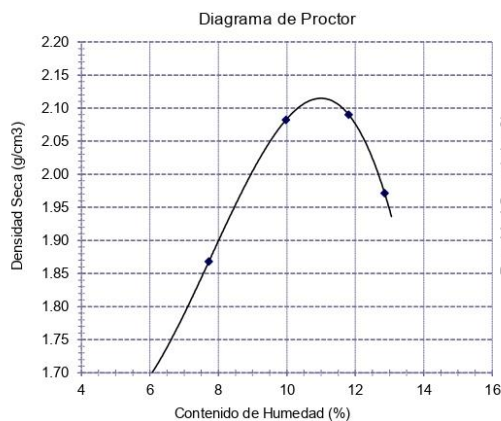
Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.115 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	11.02 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.1	2.460	2.115	0.1"	100	4.1
02	25	3.3	3.475	2.009	0.1"	95	3.3
03	12	2.0	4.433	1.903	0.2"	100	5.0
					0.2"	95	4.1



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C** (Pág. 01 de 02)  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C2  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

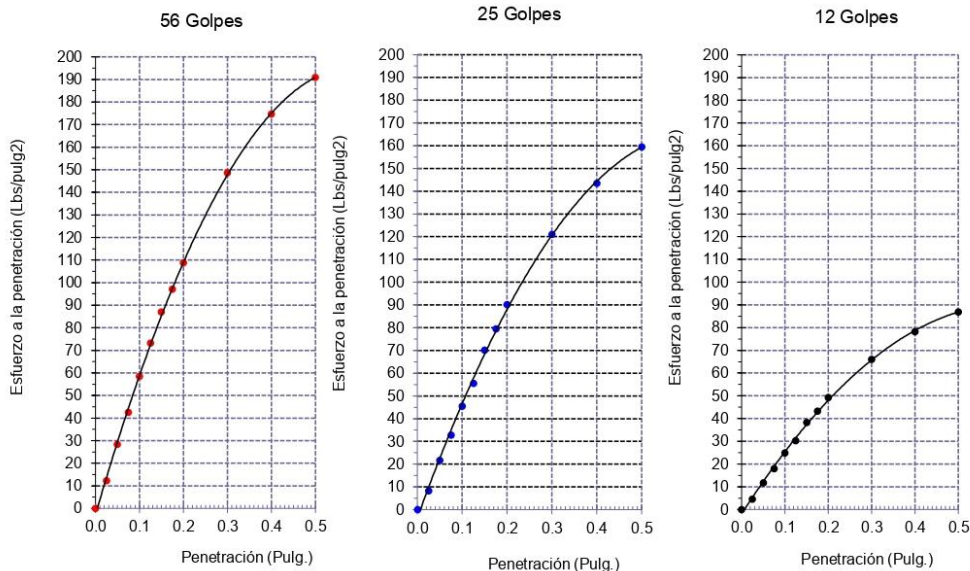
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

**DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.**



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceladas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C2  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 2

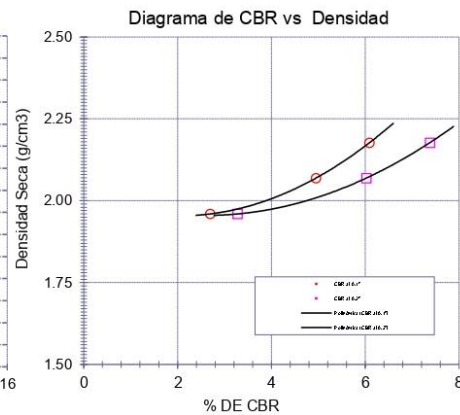
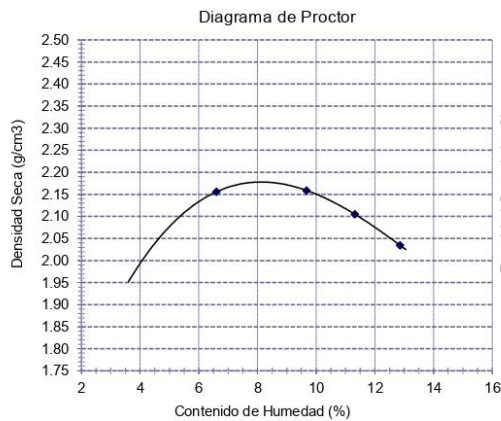
Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.178 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	8.12 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.1	2.231	2.178	0.1"	100	6.1
02	25	5.0	3.146	2.069	0.1"	95	5.0
03	12	2.7	4.031	1.960	0.2"	100	7.4
					0.2"	95	6.0



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C** (Pág. 01 de 02)  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceladas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

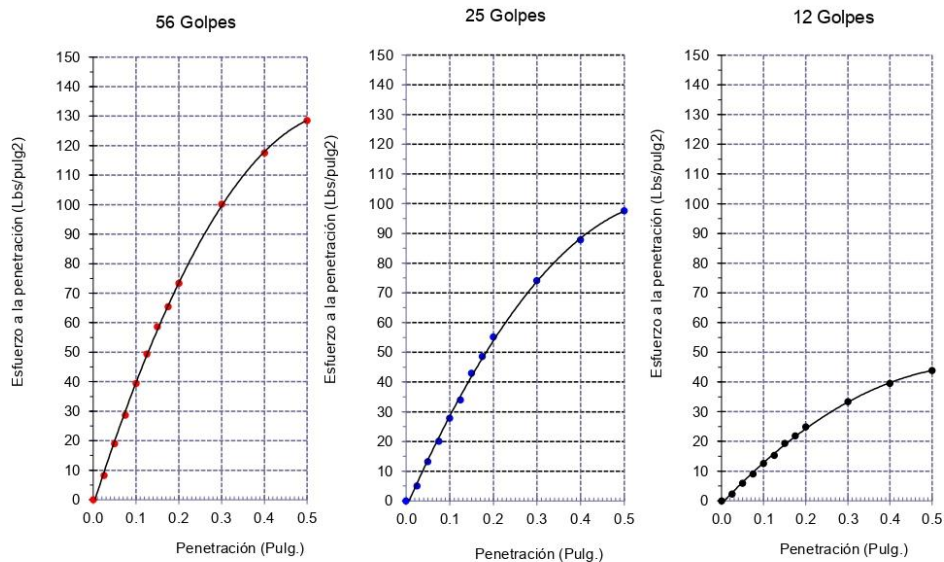
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Almirano Llantop  
 TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME DE ENSAYO**

(Pág. 02 de 02)

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

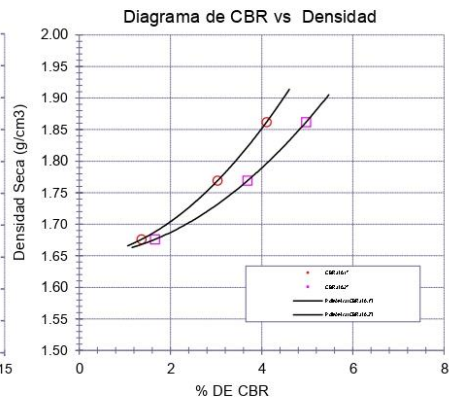
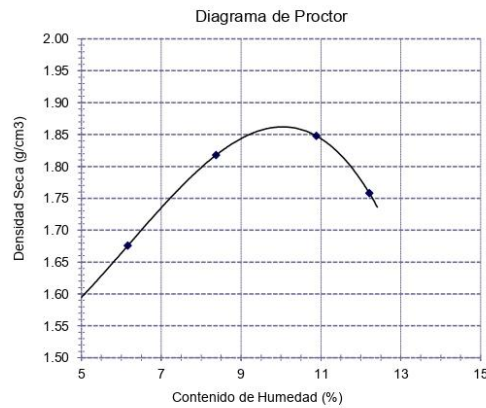
Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.862 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	10.08 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.1	2.231	1.862	0.1"	100	4.1
02	25	3.0	3.146	1.769	0.1"	95	3.0
03	12	1.4	4.031	1.676	0.2"	100	5.0
					0.2"	95	3.7



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C** (Pág. 01 de 02)  
Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

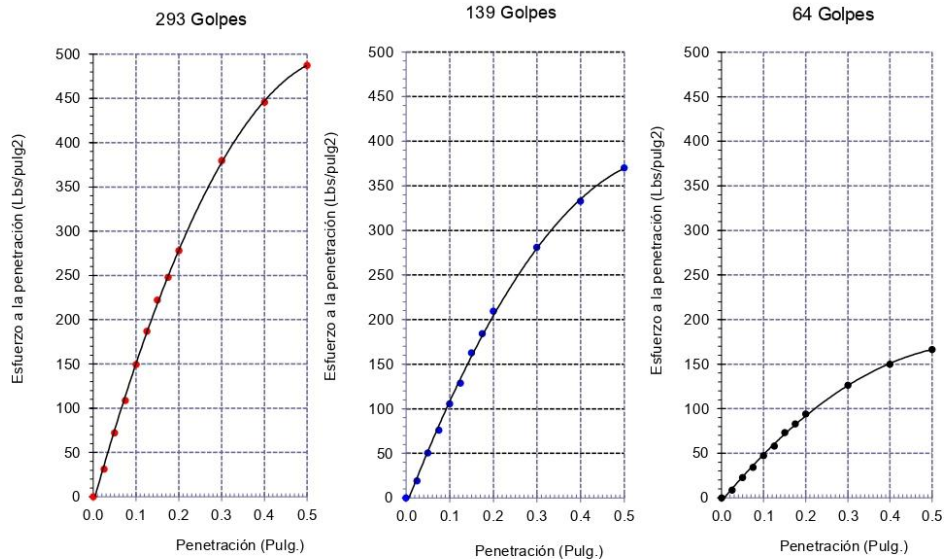
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

**Muestra: M-1 + geocelda pvc 2pulg**

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 293, 139 y 64 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
*Ronal*  
**Ronal Enrique Altamirano Llontop**  
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



*Miguel Angel Ruiz Perales*  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

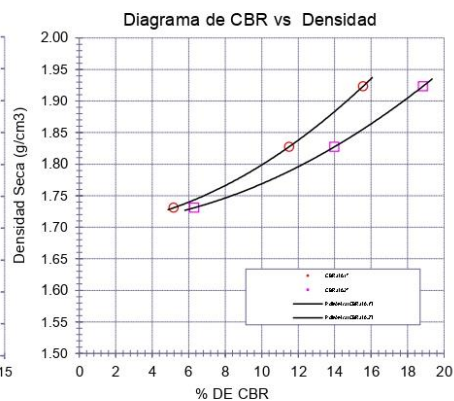
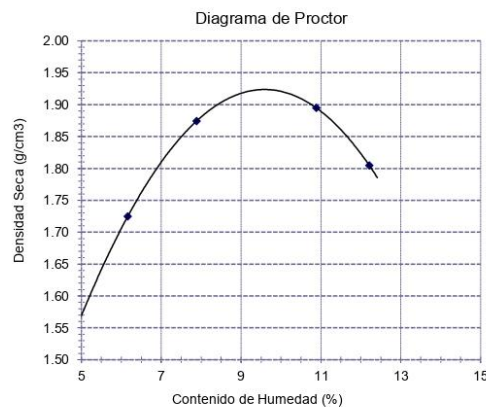
Muestra: M-1 + geocelda pvc 2pulg

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.923 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	9.60 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	293	15.6	2.231	1.923	0.1"	100	15.6
02	139	11.5	3.146	1.827	0.1"	95	11.5
03	64	5.2	4.031	1.731	0.2"	100	18.8
					0.2"	95	14.0



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C** (Pág. 01 de 02)  
Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceladas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

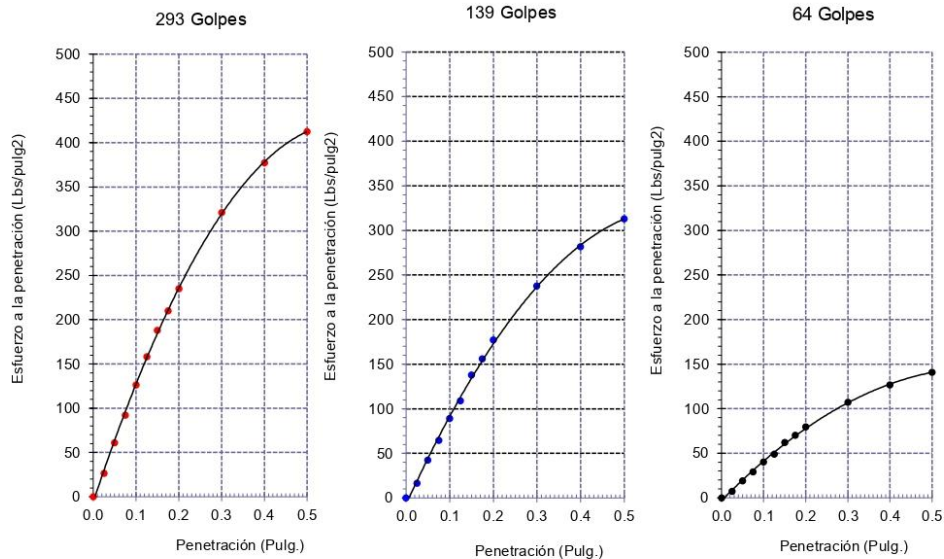
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

Muestra: M-1 + geocelda pvc 4pulg

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 293, 139 y 64 golpes.



OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitud de Ensayo : **1609A-24 LEMS W&C**  
 Solicitantes : John Amberly Perez Ramos

Proyecto / Obra : Aplicación de geoceldas a base de tubos de PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos.

Ubicación : Suelo natural Pimentel- C3  
 Fecha de apertura : Lunes, 16 de setiembre del 2024  
 Inicio de ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024  
 Fin de ensayo : Viernes, 18 de octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.145  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 3

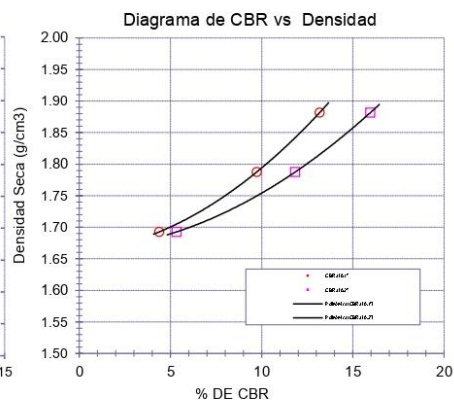
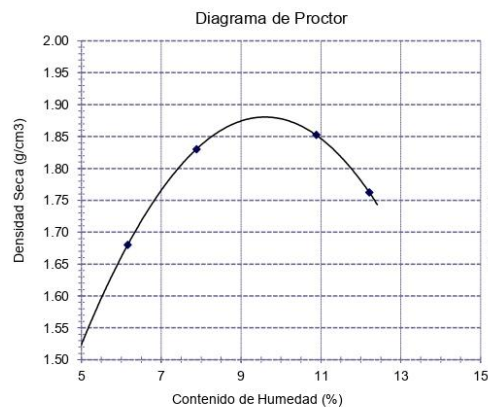
Muestra: M-1 + geocelda pvc 4pulg

Profundidad: 0.10m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.881 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	9.60 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	293	13.2	2.231	1.881	0.1"	100	13.2
02	139	9.7	3.146	1.787	0.1"	95	9.7
03	64	4.4	4.031	1.693	0.2"	100	15.9
					0.2"	95	11.8

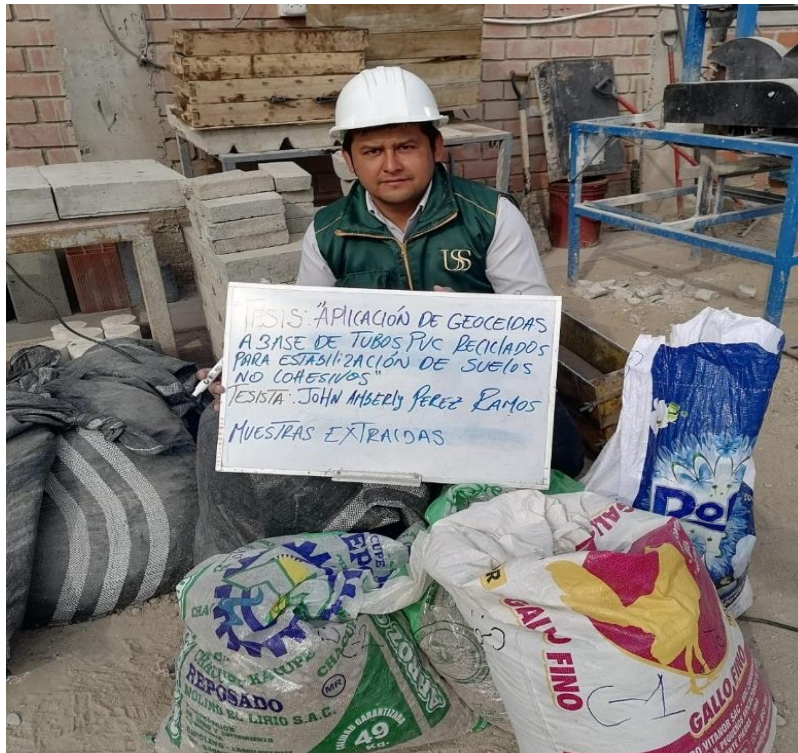


OBSERVACIONES :

- Muestreo, Identificación y Ensayo, realizado por el solicitante.

## Anexo 7. PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía 1. Recolección de muestras de suelo in situ



Fotografía 2. Granulometría.

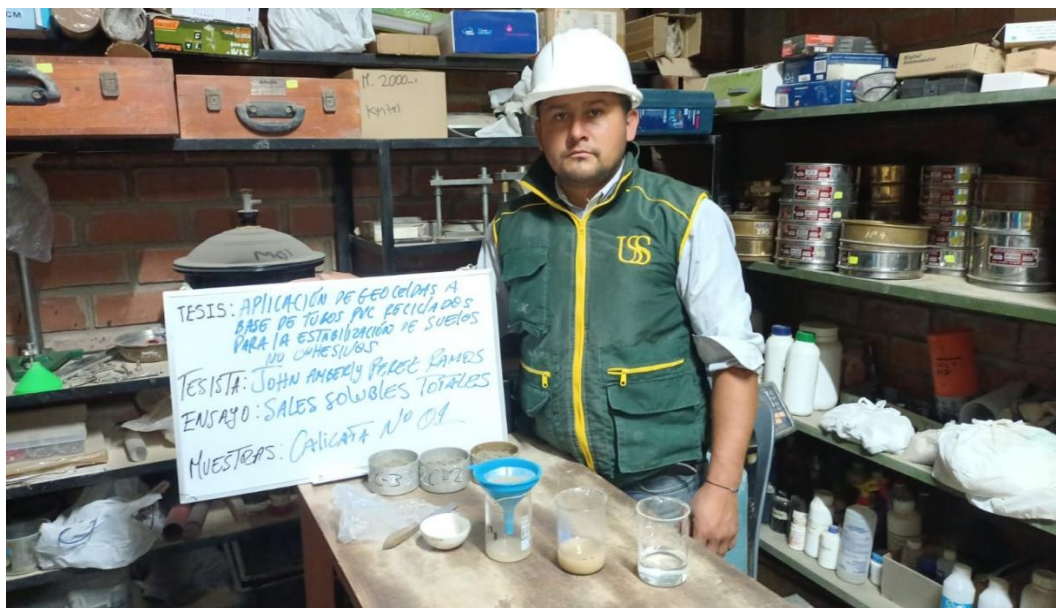




Fotografía 3. Pruebas de plasticidad del suelo sin tratamiento



Fotografía 4. Ensayo de sales solubles



Fotografía 5. Pruebas de compactación y CBR sin y con tratamiento



Fotografía 6. Proceso de ensayos de compactación



Fotografía 7. Proceso de ensayo CBR



Fotografía 8. CBR para muestras de suelo reforzado con geocelda de diámetro de D.2"



Fotografía 9. CBR para muestras de suelo reforzado con geocelda de diámetro de D.4"



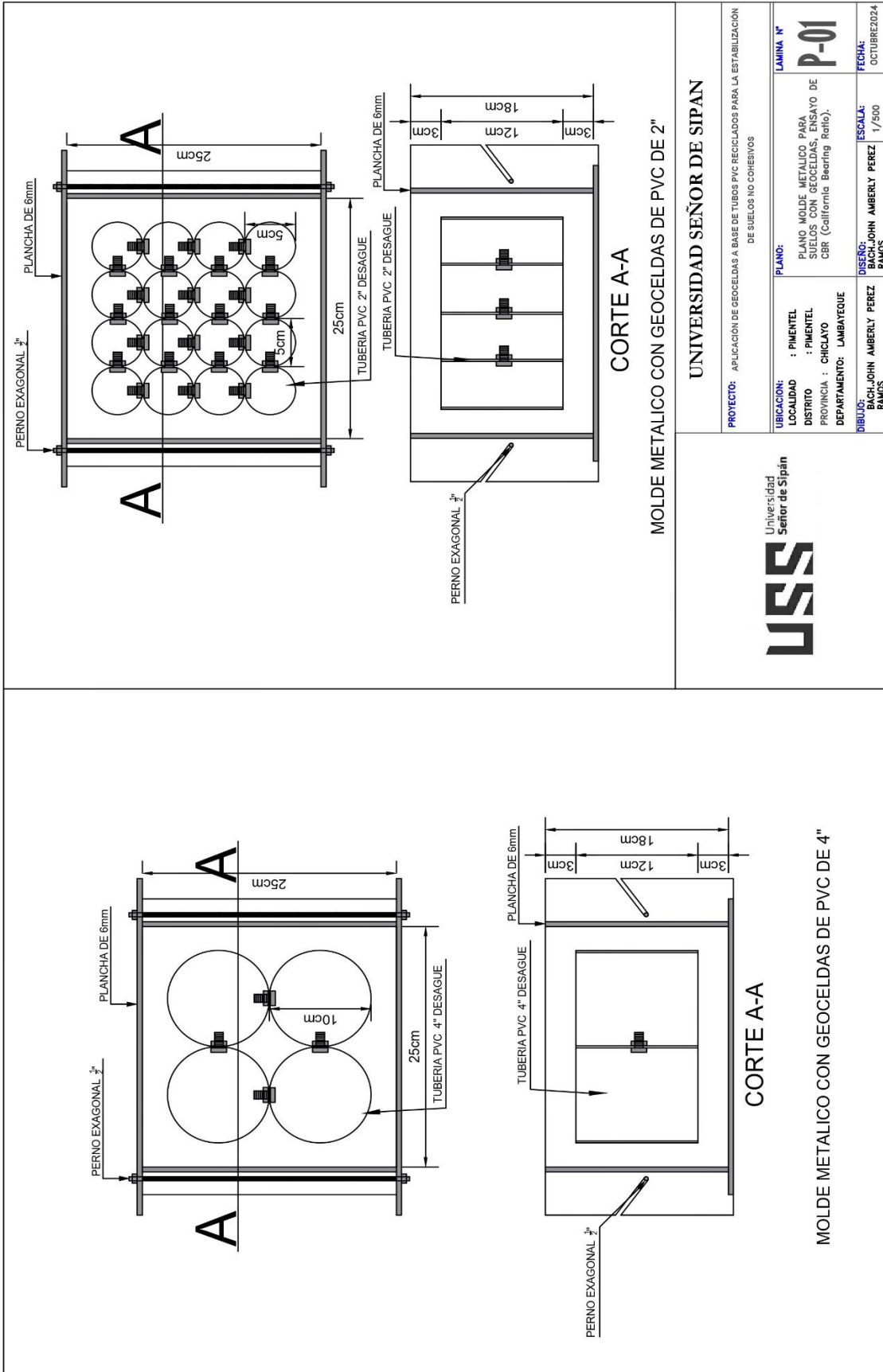
Fotografía 10. Proceso de realización de geocelda a base de tubos de PVC



Fotografía 11. Molde metálico para prueba de compactación y CBR



## Anexo 8. PLANO DE GEOCELDAS

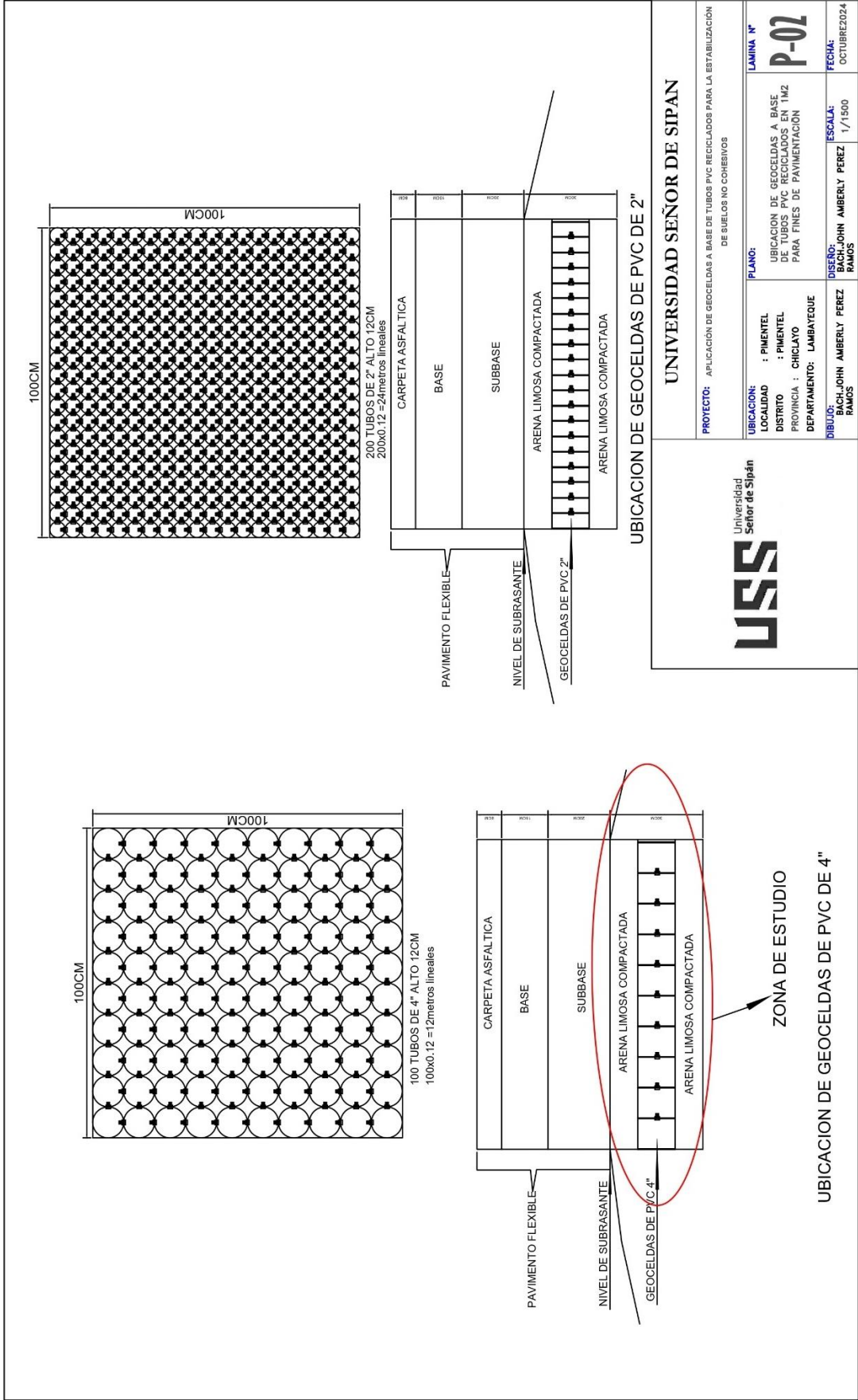


UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

PROYECTO: APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS

UBICACION: PIMENTEL	PLANO: P-01
LOCALIDAD: PIMENTEL	PLANO MOLDE METALICO PARA SUELOS CON GEOCELDAS, ENSAYO DE CBR (California Bearing Ratio).
DISTRITO: PIMENTEL	
PROVINCIA: CHICLAYO	
DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	
DISEÑO: BACH JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS	ESCALA: 1/500
DIBUJO: BACH JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS	FECHA: OCTUBRE 2024





## Anexo 9. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

S10

Página : 1

### Análisis de precios unitarios

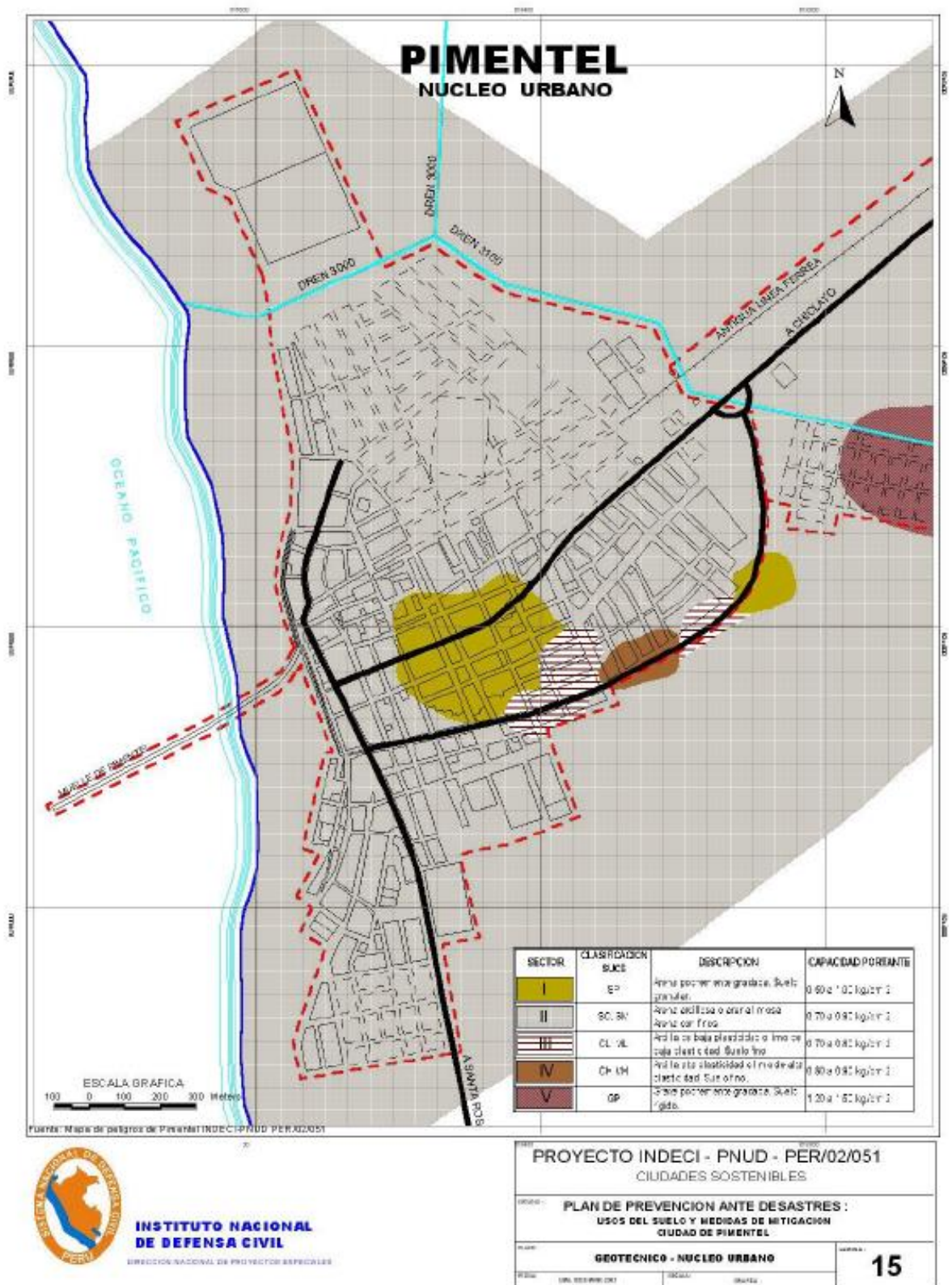
Presupuesto	0204009	<b>APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS</b>						
Subpresupuesto	001	<b>APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS</b>					Fecha presupuesto	01/11/2024
Partida	01.01.01	<b>TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION DE OBRA</b>						
Rendimiento	m2/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m2		<b>1.50</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0320	17.80	0.57	
0101030000	TOPOGRAFO		hh	1.0000	0.0320	19.00	0.61	
							<b>1.18</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO		hm	1.0000	0.0320	10.00	0.32	
							<b>0.32</b>	
Partida	01.02.01	<b>ELABORACION D EGEOCELDAS CON TUBERIA DE 2"</b>						
Rendimiento	m2/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo unitario directo por : m2		<b>20.18</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	0.5000	0.0667	19.00	1.27	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1333	17.80	2.37	
							<b>3.64</b>	
	<b>Materiales</b>							
02050700020026	TUBERIA PVC DESAGUE DE 2"		m		26.0000	0.40	10.40	
0271050139	PERNO CON TUERCA DE 1/2"		und		570.0000	0.01	5.70	
							<b>16.10</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	3.64	0.11	
03011400070008	TALADRO DE MANO 1/2 HP BOSH ó SIMILAR		día	1.0000	0.0167	20.00	0.33	
							<b>0.44</b>	
Partida	01.03.01	<b>EXCAVACION CON MAQUINARIA</b>						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m3		<b>6.72</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301170002	RETROEXCAVADORA		hm	1.0000	0.0320	210.00	6.72	
							<b>6.72</b>	
Partida	01.03.02	<b>COLOCACION DE GEOCELDAS</b>						
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo unitario directo por : m2		<b>2.25</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	0.5000	0.0400	19.00	0.76	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0800	17.80	1.42	
							<b>2.18</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.18	0.07	
							<b>0.07</b>	

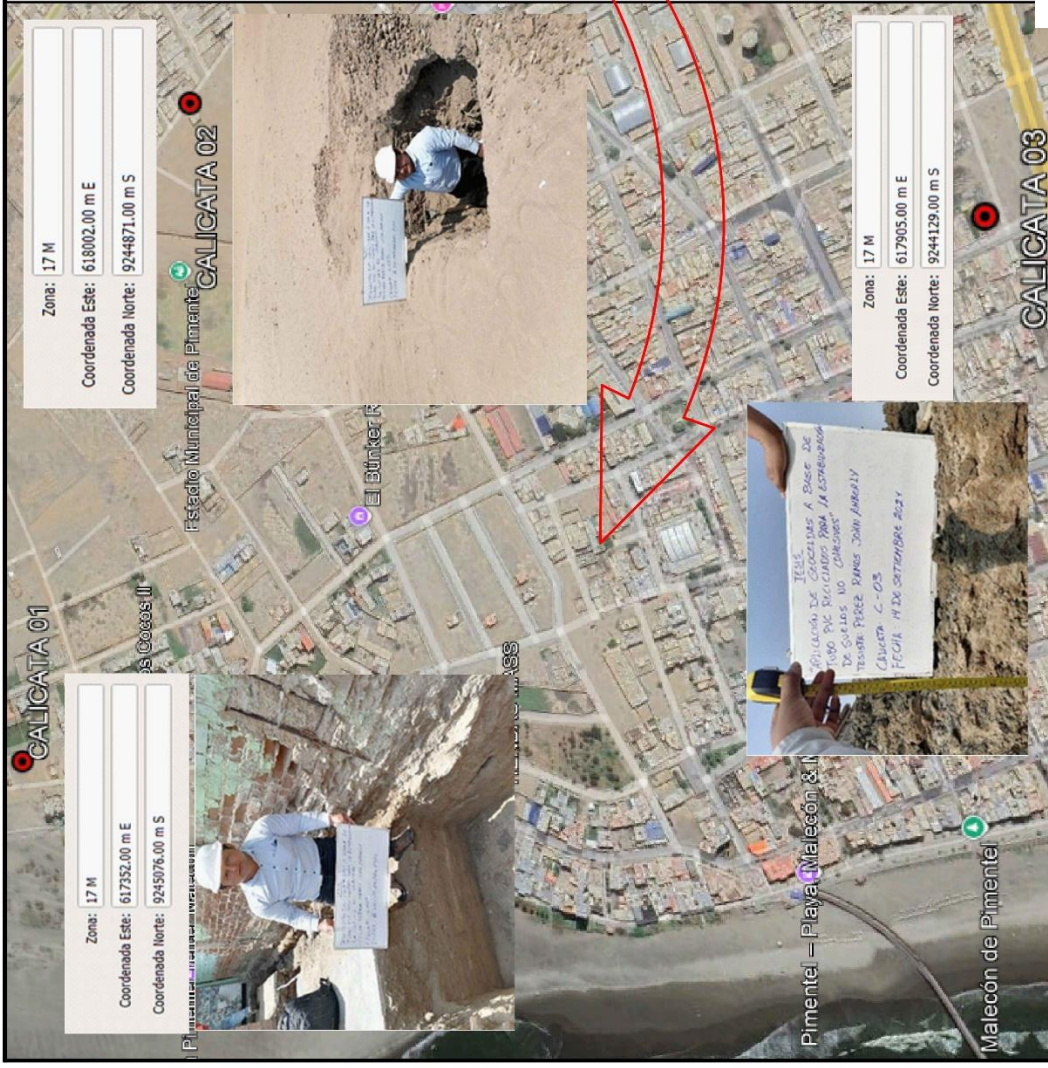


Partida	<b>01.03.03</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACION DE SUELO NO COHESIVO</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>1,500.0000</b>	EQ.	<b>1,500.00</b>	Costo unitario directo por : m3	<b>8.61</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0053	19.00	0.10	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0107	17.80	0.19	
							<b>0.29</b>	
	<b>Materiales</b>							
0207020003	ARENA LIMOSA DE LA ZONA		m3		0.3000	10.00	3.00	
							<b>3.00</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.29	0.01	
0301190002	RODILLO VIBRATORIO		hm	1.0000	0.0053	218.93	1.16	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0053	181.91	0.96	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	1.0000	0.0053	160.00	0.85	
							<b>2.98</b>	
	<b>Subcontratos</b>							
04231000010003	SC ENSAYO DE CBR		und		0.0130	180.00	2.34	
							<b>2.34</b>	
Partida	<b>02.01.01</b>	<b>TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION DE OBRA</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>250.0000</b>	EQ.	<b>250.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>1.50</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0320	17.80	0.57	
0101030000	TOPOGRAFO		hh	1.0000	0.0320	19.00	0.61	
							<b>1.18</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO		hm	1.0000	0.0320	10.00	0.32	
							<b>0.32</b>	
Partida	<b>02.02.01</b>	<b>ELABORACION D EGOCELDAS CON TUBERIA DE 4"</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>80.0000</b>	EQ.	<b>80.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>15.26</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	0.5000	0.0500	19.00	0.95	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1000	17.80	1.78	
							<b>2.73</b>	
	<b>Materiales</b>							
02050700020027	TUBERIA PVC DESAGUE DE 4"		m		13.0000	0.50	6.50	
0271050139	PERNO CON TUERCA DE 1/2"		und		570.0000	0.01	5.70	
							<b>12.20</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.73	0.08	
03011400070008	TALADRO DE MANO 1/2 HP BOSH ó SIMILAR		día	1.0000	0.0125	20.00	0.25	
							<b>0.33</b>	
Partida	<b>02.03.01</b>	<b>EXCAVACION CON MAQUINARIA</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>250.0000</b>	EQ.	<b>250.0000</b>	Costo unitario directo por : m3	<b>6.72</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301170002	RETROEXCAVADORA		hm	1.0000	0.0320	210.00	6.72	
							<b>6.72</b>	

Partida	02.03.02	COLOCACION DE GEOCELDAS						
Rendimiento	m2/DIA	100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m2		2.25		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0400	19.00	0.76		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	17.80	1.42		
						<b>2.18</b>		
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.18	0.07		
						<b>0.07</b>		
Partida	02.03.03	RELLENO Y COMPACTACION DE SUELO NO COHESIVO						
Rendimiento	m3/DIA	1,500.0000	EQ. 1,500.00	Costo unitario directo por : m3		8.61		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0053	19.00	0.10		
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0107	17.80	0.19		
						<b>0.29</b>		
<b>Materiales</b>								
0207020003	ARENA LIMOSA DE LA ZONA	m3		0.3000	10.00	3.00		
						<b>3.00</b>		
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.29	0.01		
0301190002	RODILLO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.0053	218.93	1.16		
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0053	181.91	0.96		
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0053	160.00	0.85		
						<b>2.98</b>		
<b>Subcontratos</b>								
04231000010003	SC ENSAYO DE CBR	und		0.0130	180.00	2.34		
						<b>2.34</b>		

### Anexo 10. PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS EN CAMPO



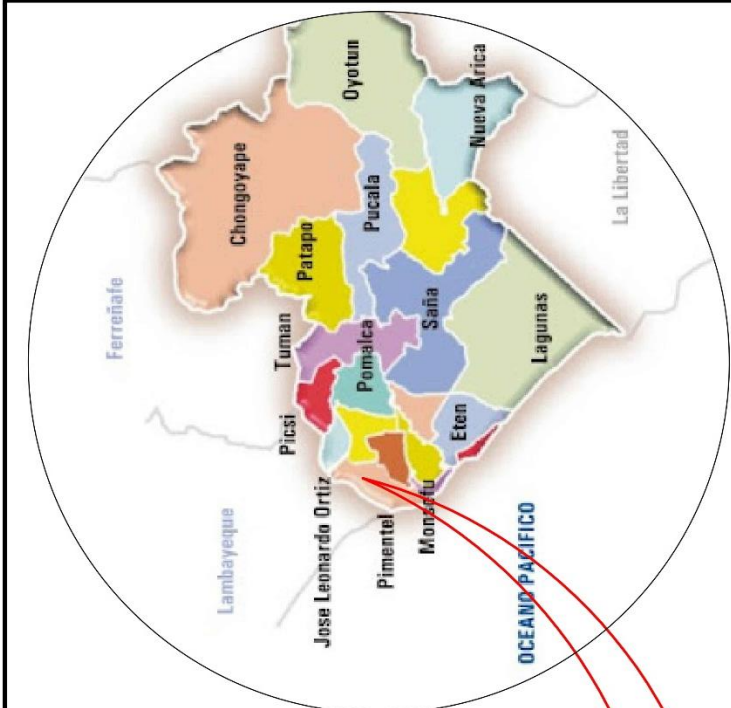


Zona: 17 M  
 Coordenada Este: 618002.00 m E  
 Coordenada Norte: 9244871.00 m S

Zona: 17 M  
 Coordenada Este: 617352.00 m E  
 Coordenada Norte: 9245076.00 m S

Zona: 17 M  
 Coordenada Este: 617905.00 m E  
 Coordenada Norte: 9244129.00 m S

TESISTA:  
 BACH. JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS  
 DISEÑO:  
 BACH. JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS



PROVINCIA CHICLAYO

COORDENADAS UTM -WGS-84 DE LAS CALICATAS 01, 02 Y 03

DESCRIPCION	NORTE	ESTE	ALTURA	ZONA
CALICATA N° 01	9245076.00	617352.00	4msnm	17M
CALICATA N° 02	9244871.00	618002.00	4msnm	17M
CALICATA N° 03	9244129.00	617905.00	3msnm	17M

UBICACION: DISTRITO PIMENTEL, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

PROYECTO: APLICACION DE GEOCELAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS NO COHESIVOS

ESCALA: INDICADA

FECHA: 21-10-2024

PLANO N°: PU-01

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

## Anexo 11. CONSTANCIA DE ENVIO DE ARTÍCULO CIENTÍFICO

10/11/24, 15:37

Correo de Universidad Señor de Sipan - IGTJ-D-24-00814 - Submission Notification to co-author - [EMID:3d3b6155e5643f0f]



JOHN AMBERLY PEREZ RAMOS <pramosjohn@uss.edu.pe>

---

### IGTJ-D-24-00814 - Submission Notification to co-author - [EMID:3d3b6155e5643f0f]

1 mensaje

---

**Indian Geotechnical Journal (IGTJ)** <em@editorialmanager.com> 10 de noviembre de 2024, 15:36  
Responder a: "Indian Geotechnical Journal (IGTJ)" <swathi.venkatesan@springer.com>  
Para: John Amberly Perez Ramos <pramosjohn@uss.edu.pe>

Re: "PVC pipe-based geocells for the improvement of non-cohesive soils"  
Full author list: John Amberly Perez Ramos; Juan Martin Garcia Chumacero; Luis Mariano Villegas Granados

Dear Bachelor Perez Ramos,

We have received the submission entitled: "PVC pipe-based geocells for the improvement of non-cohesive soils" for possible publication in Indian Geotechnical Journal, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Engineer Juan Martin Garcia Chumacero who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office  
Indian Geotechnical Journal

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

---

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/igtj/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

INSTRUMENTOS DE VALIDACION ESTADISTICA  
CON CRITERIO JUECES EXPERTOS Y CRITERIO  
MUESTRA PILOTO



VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS

APLICACIÓN DE GEOCELIDAS A BASE DE TUBOS PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS

	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
	Compactación proctor	CBR	Compactación proctor	CBR	Compactación proctor	CBR	Compactación proctor	CBR
JUEZ 1	1	1	1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	0	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1	1	0	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1	0	1	1
JUEZ 5	0	1	1	1	1	1	0	1
S	4	5	4	5	5	4	3	5
n	5							
c	2							
V de Aiken por preguntas	0.8	1	0.8	1	1	0.8	0.6	1
V de Aiken por criterio	0.9		0.9		0.9		0.8	

0.875

V de Aiken del instrumento por jueces expertos

Luis Arturo Montenegro Chiracho  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 M.G. INVESTIGACIÓN  
 D.R. T. 153059774  
 COESPE 242

**CONFIANIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE GEOCELDAS A BASE DE TUBOS  
PVC RECICLADOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS NO COHESIVOS**

**Coefficiente de correlación intraclase**

	Córrelación intraclase	95% de intervalo de confianza		Valor	Prueba F		
		Limite inferior	Limite superior		gl1	gl2	Sig
Compactación proctor	,855	,243	,985	6,832	3	15	,009
CBR	,810	,211	,927	5,265	3	15	,011

En las tablas se observa que, el instrumento sobre análisis de de la aplicación de Geoceldas a base de tubos PVC reciclados para la estabilización de suelos no cohesivos es válido y confiable mediante el coeficiente de correlación intraclase quien permite medir la concordancia general entre dos o más mediciones que implican variables de carácter cuantitativo, obtenidas estas con diferentes instrumentos de medida o evaluadores. Se basa en un modelo de análisis de varianza con medidas repetidas siendo esta mayor a 0,80 y significativo ( $p < 0.05$ ).

  
Luis Arturo Montenegro Gamacho  
LIC. ESTADÍSTICA  
MG. INVESTIGACIÓN  
DR. EDUCACIÓN  
COESPE 262



## Prueba de Hipótesis

Demostrar la efectividad que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la compactación en la subrasante reforzada.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	control OCH	9,2800	4	2,54770	1,27385
	D2OCH	9,2832	4	2,75324	1,34352
Par 2	control OCH	9,2800	4	2,54770	1,27385
	D4OCH	9,2825	4	2,75918	1,37959
Par 3	Control MDS	1,7740	4	,08078	,04039
	D2MDS	1,8248	4	,07681	,03841
Par 4	Control MDS	1,7740	4	,08078	,04039
	D4MDS	1,7810	4	,07747	,03873

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	control OCH - D2OCH	,119	3	,867
Par 2	control OCH - D4OCH	,019	3	,986
Par 3	Control MDS - D2MDS	23,337	3	,000
Par 4	Control MDS - D4MDS	3,656	3	,035

En la tabla se observa que, el valor de la prueba t student para la diferencia de medias es significativa en la producción de la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas en la compactación en la subrasante reforzada en su máxima densidad seca y optimo contenido de humedad respecto a la muestra control a un nivel de confiabilidad del 95%.

Demostrar el efecto que produce la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 y 4 pulgadas sobre el CBR en la subrasante reforzada

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Control	3,5500	2	,77782	,55000
	D2	13,5500	2	2,89914	2,05000
Par 2	Control	3,5500	2	,77782	,55000
	D4	11,4500	2	2,47487	1,75000

		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Control - D2	7,667	1	,045
Par 2	Control - D4	6,583	1	,066

En la tabla se observa que, el valor de la prueba t student para la diferencia de medias es significativa en la producción de la geocelda a base tubos de PVC de diámetros de 2 pulgadas sobre el CBR en la subrasante con un óptimo contenido al 95% genera mayor capacidad de soporte al suelo con respecto a la muestra control a un nivel de confiabilidad del 95%.

## Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
controlOCH	,964	4	,806
ControlMDS	,940	4	,657
D2OCH	,950	4	,713
D2MDS	,930	4	,595
D4OCH	,950	4	,713
D4MDS	,932	4	,605

Como el valor de la prueba Shapiro-Wilk no es significativa ( $p > 0.05$ ) significa que los datos tienden a una distribución normal y por ende la prueba de hipótesis se demostró mediante la prueba t students para la diferencia de medias