

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Efecto de geosintéticos sobre la capacidad portante de suelos blandos bajo cimentaciones superficiales

Abstract

This study experimentally investigated the influence of different geosynthetic reinforcements, including woven geotextiles, nonwoven geotextiles, and biaxial PET geogrids, on the mechanical response of a representative Bogotá soil subjected to concentrated loading conditions simulating shallow foundations. The research began with a comprehensive geotechnical characterization of the soil through determination of natural moisture content, particle-size distribution, hydrometer analysis, Atterberg limits, and Standard Proctor compaction tests. These laboratory procedures established the fundamental engineering properties of the material and defined the conditions for specimen preparation.

A comparative physical modeling program was subsequently conducted using a rigid steel test chamber in combination with a universal testing machine. Unreinforced specimens and specimens reinforced with different geosynthetic materials were tested under the same compaction and loading conditions, allowing direct evaluation of the contribution of each reinforcement system to soil behavior.

The characterization results classified the material as a predominantly sandy silty colluvial-alluvial soil with low plasticity and a maximum dry density of 1.68 g/cm^3 . The experimental program demonstrated that the incorporation of geosynthetics modified the load-settlement response and relative bearing capacity of the soil, with distinct levels of improvement depending on the reinforcement type. These findings provide experimental support for the use of geosynthetic reinforcement in shallow foundation applications and contribute to the understanding of ground improvement strategies for soft soils characteristic of the Bogotá Savannah.

Resumen



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

La presente investigación evaluó experimentalmente el efecto del geotextil tejido, geotextil no tejido y geomalla biaxial PET sobre el comportamiento mecánico de un suelo de la Sabana de Bogotá sometido a cargas concentradas representativas de cimentaciones superficiales.

Inicialmente se realizó la caracterización geotécnica del material mediante ensayos de humedad natural, granulometría por tamizado, hidrometría, límites de Atterberg y Proctor estándar, con el fin de determinar sus propiedades físicas y establecer las condiciones de preparación de las muestras. Posteriormente se desarrolló un modelo físico experimental utilizando un cajón metálico instrumentado y una máquina universal de ensayos, comparando el comportamiento del suelo sin refuerzo y del suelo reforzado con diferentes geosintéticos bajo condiciones idénticas de carga y compactación. Los resultados de la caracterización permitieron identificar un suelo de naturaleza coluvial-aluvial con predominio de arenas y limos, baja plasticidad y una densidad seca máxima de $1,68 \text{ g/cm}^3$. Los ensayos experimentales permitieron comparar la influencia de cada sistema de refuerzo sobre los asentamientos y la capacidad portante relativa del suelo, evidenciando diferencias en su comportamiento mecánico. La investigación aporta evidencia experimental sobre la aplicación de geosintéticos en cimentaciones superficiales y constituye una base para futuras investigaciones orientadas al mejoramiento de suelos blandos de la Sabana de Bogotá.

Palabras Clave: Asentamiento; capacidad portante; cimentaciones superficiales; geomalla; geosintético; geotextil; mejoramiento de suelos; suelos blandos.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	3
-------------------------	---

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Listado de tablas	3
Listado de figuras	5
Glosario.....	7
Introducción	8
Formulación del Problema	9
Objetivos (General y específicos)	9
Objetivo general:	9
Objetivos específicos:	10
Justificación.....	10
Estado del Arte.....	11
Metodología.....	17
Desarrollo	27
Resultados e impacto	37
Resultado determinación de la humedad natural del suelo.....	38
Resultado granulometría por tamizado	39
Resultado hidrometría	41
Resultado límites de Atterberg.....	43
Resultado límites de Proctor estándar	45
Resultados ensayo experimental sobrecarga progresiva	46
Conclusiones / y Recomendaciones	52
Referencias	53

Listado de tablas

Tabla 1. Normas y procedimientos de ensayo empleados en la investigación.	17
Tabla 2. Comparación de las principales propiedades técnicas de los geosintéticos empleados en la investigación.....	19
Tabla 3. Datos obtenidos del ensayo de determinación de humedad natural del suelo.	26
Tabla 4. Datos obtenidos del ensayo de granulometría por tamizado.	27

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Tabla 5. Datos obtenidos del proceso de tamizaje del ensayo de granulometría por tamizado.....	28
Tabla 6. Masa muestra de ensayo Limites de Atterberg.....	28
Tabla 7. Valores obtenidos del desarrollo del ensayo de Limites de Atterberg para determinar el límite líquido.	29
Tabla 8. Valores obtenidos del desarrollo del ensayo de Limites de Atterberg para determinar el límite plástico.	29
Tabla 9. Datos de entrada para el ensayo de Hidrometría.	29
Tabla 10. Valores obtenidos de las lecturas realizadas durante el desarrollo del ensayo de hidrometría.....	30
Tabla 11. Valores obtenidos de las lecturas realizadas durante el desarrollo del ensayo de hidrometría.....	31
Tabla 12. Datos del hidrómetro.	31
Tabla 13. Lecturas de tiempo, temperatura y correcciones del ensayo de hidrometría.	32
Tabla 14. Datos base de la geometría y masas de los moldes para el ensayo de Proctor estándar.	33
Tabla 15. Valores obtenidos del proceso de compactación y pesos de las muestras para el ensayo de Proctor estándar.	34
Tabla 16. Altura cilindro de concreto.	34
Tabla 17. Diámetro cilindro de concreto.	34
Tabla 18. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo sin reforzar.	36
Tabla 19. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GT NT1600.....	36
Tabla 20. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GT T2100.	36
Tabla 21. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GMB PET GG 100/100.	36
Tabla 22. Resultados de LP, LL e IP del ensayo de límites de Atterberg.	42

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Tabla 23. Humedad optima y densidad seca máxima del ensayo de Proctor estándar.	44
Tabla 24. Síntesis de resultados de laboratorio	45
Tabla 25. Resultados de BCR por ensayo de sobrecarga progresiva en suelos sin refuerzo y con refuerzo.	48

Listado de figuras

Figura 1. Vistas generales cajón metálico para la muestra.	17
Figura 2. Proceso de compactación.	19
Figura 3. Vista en planta del proceso de compactación.	19
Figura 4. Proceso de compactación.	20
Figura 5. Aplicación geotextil NT 1600.	21
Figura 6. Aplicación geotextil T2100 (550X-T2100).	22
Figura 7. Aplicación geomalla biaxial PET GG100100.	22
Figura 8. Configuración general para el ensayo de sobrecarga progresiva.	23
Figura 9. Configuración en maquina universal de ensayos para ensayo de sobrecarga progresiva.	24
Figura 10. Datos ficha técnica de la maquina universal de ensayos.	34
Figura 11. Resultado de la curva granulométrica obtenida del ensayo de granulometría por tamizado.	36
Figura 12. Organización de partículas según su tamaño después del ensayo de granulometría por tamizado.	37
Figura 13. Viscosidad cinemática obtenido con la tabla 10.	38
Figura 14. Densidad del agua obtenida de la tabla 11.	38
Figura 15. Curva granulométrica obtenida del ensayo de hidrometría.	39
Figura 16. Limite liquido obtenido del ensayo de límites de Atterberg.	40
Figura 17. Carta de plasticidad de Casagrande de acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo de Limites de Atterberg.	41
Figura 18. Resultados del ensayo de Proctor estándar.	42

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Figura 19. Curva de presión vs asentamiento de los ensayos de sobrecarga progresiva..... 46

Glosario

Asentamiento diferencial: Asentamientos desiguales en el terreno por transmisión de cargas de una estructura.

BCR (Bearing Capacity Ratio): Índice adimensional que compara la capacidad portante de un suelo reforzado con la de un suelo sin refuerzo.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Capacidad portante: Máxima presión que puede soportar un suelo, antes de presentar fallas tanto cortante como por asentamiento.

Cimentación superficial: Tipo de cimentación instalada a poca profundidad, que transmite las cargas de la estructura al suelo.

Geomalla: Geosintético de estructura abierta y alta resistencia a la tracción, utilizado para reforzar suelos mediante la interacción mecánica con las partículas del terreno.

Geosintético: Material fabricado con polímeros empleado en obras geotécnicas que cumple funciones de refuerzo, separación, filtración, drenaje, protección o impermeabilización.

Geotextil no tejido: Geosintético elaborado mediante la unión mecánica y/o térmica de fibras, caracterizado por su alta capacidad de filtración y separación.

Geotextil tejido: Geosintético fabricado mediante el entrecruzamiento de fibras que se destacan por su elevada resistencia a la tracción y su capacidad de refuerzo.

Modelo físico experimental: Representación controlada de un fenómeno real en laboratorio, utilizada para evaluar el comportamiento de materiales o estructuras bajo condiciones específicas previamente establecidas.

Proctor estándar: Ensayo de laboratorio en donde se determina la humedad óptima y la densidad seca máxima de un suelo, bajo una energía de compactación estandarizada, con el fin de definir las condiciones adecuadas para la compactación de este en obras civiles.

Suelo coluvial-aluvial: Mezcla de sedimentos transportados por dos diferentes acciones de la naturaleza, la gravedad y el agua.

Introducción

Los suelos blandos de Bogotá presentan una alta compresibilidad, baja capacidad portante y asentamientos diferenciales significativos, condiciones que representan un desafío para el diseño y la construcción de cimentaciones superficiales. Por lo tanto, en numerosos proyectos surge la necesidad de realizar mejorías del terreno e implementación de cimentaciones más complejas, lo que aumenta considerablemente los costos de construcción.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Tradicionalmente, los geosintéticos han sido aplicados exitosamente en proyectos de infraestructura vial, terraplenes, muros reforzados y de estabilización. Sin embargo, su aplicación como alternativa para mejorar el comportamiento mecánico de suelos sometidos a cargas concentradas representativas de cimentaciones superficiales ha sido poco estudiada, especialmente en los suelos de la Sabana de Bogotá.

Los geosintéticos constituyen una alternativa ampliamente utilizada en la ingeniería civil debido a que cumplen funciones de refuerzo, filtración, drenaje y protección, contribuyendo al mejoramiento del comportamiento mecánico de los suelos y al desarrollo de soluciones constructivas más eficientes y sostenibles, investigaciones internacionales han demostrado su capacidad para incrementar la capacidad portante y reducir las deformaciones del terreno. (Lizeth Ardila & Emília Andrade, 2024)

En este contexto, la presente investigación propone evaluar experimentalmente la influencia del geotextil tejido, geotextil no tejido y la geomalla sobre la capacidad portante y el comportamiento mecánico de los suelos blandos de Bogotá mediante un modelo físico de laboratorio, en el cual se aplican cargas concentradas representativas de las transmitidas por cimentaciones superficiales. El propósito no es reproducir un prototipo real mediante leyes completas de similitud, sino comparar, bajo condiciones controladas e idénticas, el desempeño relativo de diferentes configuraciones de refuerzo, permitiendo identificar su influencia sobre los asentamientos y la capacidad portante del suelo.

Formulación del Problema

Los suelos presentes en la Sabana de Bogotá se caracterizan por su alto contenido de arcillas y limos, su alta compresibilidad, baja resistencia al corte y baja capacidad portante. Estas condiciones representan uno de los mayores desafíos para la construcción de infraestructuras y edificaciones, ya que generan altos asentamientos cuando el terreno es sometido a cargas derivadas de cimentaciones superficiales.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Generalmente, las soluciones para este tipo de suelos contemplan el reemplazo del material, la implementación de cimentaciones de mayor profundidad o mejoramientos del terreno, las cuales incrementan significativamente los costos y tiempos de ejecución de las obras.

Aunque numerosos estudios han demostrado la eficiencia de los geosintéticos para mejorar el comportamiento del terreno en ciertas condiciones, aún existe una limitada evidencia experimental sobre su aplicación en el mejoramiento del comportamiento mecánico de los suelos sometidos a cargas concentradas representativas de cimentaciones superficiales, particularmente en el contexto colombiano.

En consecuencia, surge el interrogante:

¿Cuál es la influencia del geotextil tejido, geotextil no tejido y la geomalla sobre la capacidad portante y el comportamiento mecánico de un suelo de Bogotá cuando es sometido a cargas concentradas representativas de una cimentación superficial bajo condiciones controladas de laboratorio?

Objetivos (General y específicos)

Objetivo general:

Evaluar experimentalmente el efecto de la implementación de geotextil tejido, geotextil no tejido y geomalla biaxial sobre la capacidad portante, los asentamientos y el comportamiento mecánico de los suelos blandos de Bogotá mediante un modelo físico de laboratorio sometido a cargas concentradas representativas de cimentaciones superficiales.

Objetivos específicos:

- Caracterizar geotécnicamente el suelo mediante ensayos de laboratorio, determinando sus propiedades físicas, granulométricas y mecánicas de acuerdo con la normativa vigente.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

- Identificar las propiedades físicas y mecánicas del geotextil tejido, geotextil no tejido y la geomalla biaxial de PET mediante el análisis de sus fichas técnicas y parámetros de diseño reportados por el fabricante.
- Comparar experimentalmente el comportamiento del suelo sin refuerzo y del suelo reforzado con geotextil tejido, geotextil no tejido y geomalla biaxial mediante ensayos de sobrecarga progresiva realizados en un modelo físico de laboratorio bajo condiciones de carga controladas.
- Analizar la influencia de cada tipo de geosintético sobre la capacidad portante y los asentamientos, identificando la alternativa con mejor desempeño técnico.

Justificación

Los suelos blandos de Bogotá presentan condiciones geotécnicas difíciles de manejar por su alta compresibilidad, baja capacidad portante y alta susceptibilidad a la degradación. Esto ha generado la necesidad de implementar alternativas de mejoramiento, tales como el reemplazo de capas de material, excavaciones de gran profundidad y/o cimentaciones no convencionales, lo que a su vez incrementa significativamente los costos operativos de las construcciones.

Por otro lado, los geosintéticos han demostrado, en escenarios viales y de estabilidad de terrenos, mejorar significativamente estas condiciones adversas. Sin embargo, en Colombia existe un número muy reducido de estudios teórico-experimentales, especialmente en suelos como los de Bogotá. La mayoría de estas investigaciones se han enfocado principalmente en su implementación y desarrollo en proyectos viales, como pavimentos y subrasantes, dejando de lado un análisis más detallado en lo que respecta a cimentaciones superficiales o cargas concentradas, como las cargas puntuales.

Este estudio busca aportar conocimiento a este vacío investigativo mediante la experimentación con geotextil tejido, geotextil no tejido y geomalla, utilizando un modelo experimental controlado en el que estos materiales se dispondrán en diferentes



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

configuraciones dentro del suelo. Posteriormente, se aplicará una carga vertical controlada para analizar y registrar el comportamiento del suelo reforzado en comparación con una muestra sin refuerzo, permitiendo así evaluar su capacidad portante, deformación y resistencia.

Los resultados obtenidos contribuirán al desarrollo de futuras investigaciones para implementar alternativas viables en proyectos de cimentaciones superficiales, desde el punto de vista técnico y operativo. Así mismo, se espera que este trabajo aporte soluciones innovadoras que favorezcan el desarrollo geotécnico de los suelos, como los presentes en la Sabana de Bogotá.

Estado del Arte

Los primeros registros sobre el comportamiento de suelos reforzados, particularmente en arenas, se remontan al año 1975 con el trabajo "Bearing Capacity Tests on Reinforced Earth Slabs" desarrollado por (Binquet & Lee, 1975). En esta investigación se analizó experimentalmente la capacidad portante del suelo al incorporar refuerzos horizontales y someter el sistema a cargas equivalentes a cimentaciones corridas. Los autores realizaron aproximadamente 65 ensayos variando el espaciamiento y la distribución de las capas de refuerzo, demostrando que incluso una cantidad moderada de material permitía incrementar considerablemente la capacidad portante y reducir los asentamientos. Este trabajo constituye uno de los principales antecedentes del desarrollo de los suelos reforzados y estableció las bases para las investigaciones posteriores en el área.

Seguidamente, mediante el artículo "Stability of Loaded Foundations on Reinforced Soil", (Akinmusuru, Joe O., Akinbolade, Jones A., 1981), ampliaron estos estudios realizando ensayos de laboratorio sobre zapatas cuadradas apoyadas en arena reforzada con tiras de fibra dispuestas horizontalmente. Los autores evaluaron la influencia del número de capas, el espaciamiento vertical y la profundidad del primer refuerzo, encontrando incrementos de hasta tres veces en la capacidad portante respecto al suelo sin reforzar. Estos resultados



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

demonstraron que la geometría del refuerzo constituye uno de los parámetros más importantes para optimizar el comportamiento de cimentaciones superficiales.

De manera complementaria, (Milligan & Love, 1984), desarrollaron modelos experimentales utilizando geomallas bajo capas de agregado sobre suelos blandos, comprobando que el refuerzo permitía redistribuir las cargas y disminuir significativamente las deformaciones del terreno. Estos estudios consolidaron el uso de geomallas como una alternativa eficiente para mejorar la respuesta mecánica de sistemas suelo-refuerzo.

Más adelante, (Huang, 1990) en el artículo "Bearing Capacity of Horizontally-Reinforced Sandy Ground", realizaron ensayos de laboratorio para estudiar la influencia de la longitud, disposición, rigidez y resistencia del refuerzo sobre la capacidad portante de arenas reforzadas. Además de los ensayos físicos, desarrollaron un modelo analítico mediante equilibrio límite que permitió predecir adecuadamente el comportamiento del suelo reforzado. Sus resultados demostraron que incluso capas de refuerzo con longitudes cercanas al ancho de la zapata producen incrementos importantes en la capacidad portante.

En el artículo "A Comprehensive Approach for the Evaluation of Single-Layer Reinforced Soils", (Espinoza & Bray, 1995) propusieron un procedimiento analítico para evaluar la capacidad portante de suelos reforzados considerando el efecto membrana desarrollado por el geosintético. Su metodología incorporó tanto la tensión normal como la fricción en la interfaz suelo-refuerzo, además de la reducción de esfuerzos cortantes transmitidos al subsuelo. Los resultados fueron validados con investigaciones experimentales previas, demostrando que el efecto membrana constituye uno de los principales mecanismos responsables del incremento de la capacidad portante.

Uno de los antecedentes experimentales más importantes corresponde al trabajo "Large-Scale Footing Tests on Geosynthetic Reinforced Soil Foundations", desarrollado por (Adams, M. T., & Collin, J. G., 1997). En esta investigación se realizaron treinta y cuatro ensayos de carga a gran escala sobre cimentaciones superficiales reforzadas con geomallas biaxiales y geoceldas. Los autores evaluaron la influencia del número de capas, el espaciamiento vertical, la profundidad del primer refuerzo, el área reforzada y el tipo de



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

geosintético empleado, obteniendo incrementos de hasta 2,5 veces en la capacidad portante respecto a cimentaciones convencionales. Este estudio continúa siendo uno de los principales referentes experimentales para investigaciones relacionadas con cimentaciones superficiales reforzadas.

Como siguiente registro, (Das, Braja M., Shin, D. H., Shin, E. C., 2000) presentaron resultados experimentales sobre la capacidad portante de cimentaciones apoyadas sobre arena reforzada con geomallas durante la 13th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Sus ensayos confirmaron que la incorporación de geomallas mejora significativamente la distribución de esfuerzos bajo las cimentaciones y disminuye los asentamientos producidos por cargas concentradas.

Posteriormente, mediante el artículo "Interaction of Needle-Punched Nonwoven Geotextiles under Axisymmetric Loading Conditions" (Bergado, Youwai, Hai, & Voottipruex, 2001), estudiaron el comportamiento de geotextiles no tejidos sometidos a cargas axisimétricas mediante ensayos CBR modificados y modelación numérica utilizando un software de ingeniería geotécnica llamado PLAXIS. La investigación demostró que el efecto membrana desarrollado por el geotextil incrementa significativamente la capacidad portante y mejora la redistribución de esfuerzos bajo cargas concentradas, estableciendo una metodología experimental que constituye uno de los antecedentes más cercanos al presente trabajo.

En esta misma línea, (Sitharam & Sireesh, 2004), realizaron ensayos experimentales sobre zapatas apoyadas en arena reforzada con geoceldas, evaluando la influencia de la profundidad de instalación, el ancho del refuerzo y la geometría del sistema. Sus resultados demostraron que el confinamiento tridimensional generado por las geoceldas mejora considerablemente la distribución de esfuerzos, incrementa la capacidad portante y reduce los asentamientos, consolidando este tipo de geosintético como una alternativa eficiente para cimentaciones superficiales.

Desde un enfoque analítico, (Michalowski, 2004), publicó el artículo "Limit Loads on Reinforced Foundation Soils", donde desarrolló un procedimiento para estimar la

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

capacidad portante de zapatas corridas apoyadas sobre suelos reforzados con geosintéticos. El autor concluyó que el incremento de la capacidad portante depende principalmente de la resistencia del geosintético, de la interacción suelo-refuerzo y de la profundidad óptima de instalación de las capas reforzadas, proporcionando una de las principales bases teóricas para el diseño de cimentaciones reforzadas.

Entre las investigaciones más recientes destaca la Investigación experimental del comportamiento mecánico de sedimentos obtenidos de la excavación de una presa y reforzados con geotextil y geomalla, (Ali Meksi, Mohamed Sadoun, Youzera Hadj, Khaled Benmahdi, Otbi Bounguenina, 2024), donde se evaluó experimentalmente el comportamiento de mezclas reforzadas con una, dos y tres capas de geosintéticos. Los resultados evidenciaron incrementos importantes en la capacidad portante y una mejor distribución de esfuerzos respecto a las muestras sin reforzar, siendo el geotextil tejido el material con mejor desempeño debido a su elevada resistencia a la tracción. Aunque la investigación estuvo orientada principalmente al diseño de pavimentos, su metodología experimental constituye uno de los antecedentes más cercanos al presente estudio por la comparación directa entre diferentes configuraciones de refuerzo.

En los últimos años, diversos estudios han continuado demostrando la efectividad de los geosintéticos para la estabilización de suelos blandos y el mejoramiento de su capacidad portante, consolidando su utilización en proyectos de infraestructura desarrollados en diferentes regiones del mundo, incluyendo América Latina. Estas investigaciones han evidenciado que geotextiles, geomallas y geoceldas constituyen alternativas técnicamente viables y económicamente competitivas frente a métodos tradicionales de mejoramiento del terreno, especialmente cuando se requiere controlar asentamientos y aumentar la capacidad portante del suelo.

En Colombia, las investigaciones relacionadas con geosintéticos se han concentrado principalmente en aplicaciones para infraestructura vial. Un ejemplo es el estudio desarrollado por la Universidad de Cartagena, donde se recopiló y analizó la información disponible sobre el comportamiento de geosintéticos para el mejoramiento de suelos. Sin



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

embargo, dicho trabajo tuvo un enfoque principalmente documental y teórico, orientado al análisis de pavimentos y subrasantes, sin realizar una validación experimental aplicada a cimentaciones superficiales o cargas puntuales. (Ortiz Zúñiga & Quintero Pérez, 2020)

De manera complementaria, investigaciones desarrolladas por la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Católica de Colombia, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y otros organismos técnicos han caracterizado ampliamente los suelos de la Sabana de Bogotá, describiendo sus elevados contenidos de humedad, alta compresibilidad, baja resistencia al corte y la ocurrencia de asentamientos diferenciales. No obstante, estos trabajos se han enfocado principalmente en la caracterización geológica y geotécnica del terreno, así como en el análisis de cimentaciones convencionales, sin profundizar en la evaluación experimental del uso de geosintéticos como alternativa para incrementar la capacidad portante de cimentaciones superficiales.

Finalmente, una revisión reciente publicada en Discover Civil Engineering (Chatrabhuj & Meshram, 2024) evidencia que los geosintéticos continúan consolidándose como una de las tecnologías más importantes para el mejoramiento del terreno debido a su facilidad constructiva, bajo costo y capacidad para cumplir simultáneamente funciones de refuerzo, separación, filtración y drenaje. Aunque sus principales aplicaciones siguen concentrándose en pavimentos, terraplenes, taludes y estructuras de contención, la literatura reciente identifica un creciente interés por su utilización en cimentaciones superficiales, donde geotextiles, geomallas y geoceldas han demostrado mejorar la distribución de esfuerzos y aumentar la capacidad portante del terreno.

En conjunto, la literatura demuestra que los geosintéticos constituyen una alternativa eficiente para incrementar la capacidad portante y reducir las deformaciones del suelo. Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones experimentales se han desarrollado en aplicaciones relacionadas con pavimentos, terraplenes, subrasantes y estructuras de contención, mientras que son escasos los estudios orientados al comportamiento de suelos sometidos a cargas concentradas asociadas a cimentaciones superficiales. Asimismo, en



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Colombia continúa siendo limitada la producción científica de carácter experimental enfocada en el mejoramiento de los suelos de la Sabana de Bogotá mediante geosintéticos.

En este contexto, la presente investigación propone evaluar experimentalmente el comportamiento mecánico de un suelo reforzado con geotextil tejido, geotextil no tejido y geomalla, mediante un modelo físico de laboratorio diseñado para reproducir condiciones controladas de carga concentrada representativas de las solicitaciones que transmiten las cimentaciones superficiales al terreno. La comparación de estos sistemas de refuerzo bajo una misma metodología experimental permitirá analizar su influencia sobre la capacidad portante, los asentamientos y la distribución de las deformaciones en el suelo, aportando evidencia experimental sobre una aplicación de los geosintéticos que, hasta el momento, ha sido escasamente abordada tanto en el contexto colombiano como en la literatura internacional.

Metodología

La presente investigación corresponde a un estudio de carácter experimental, cuyo propósito fue evaluar el comportamiento mecánico de un suelo reforzado con diferentes tipos de geosintéticos bajo condiciones controladas de laboratorio.

El estudio no corresponde a un modelo físico a escala reducida de una cimentación real, sino a un modelo físico experimental comparativo, diseñado para analizar la respuesta relativa del suelo frente a una carga concentrada representativa de las solicitaciones transmitidas por una cimentación superficial.

Bajo este enfoque, todas las configuraciones fueron sometidas a las mismas condiciones de carga, geometría y procedimiento de ensayo, permitiendo comparar el efecto del geotextil tejido, geotextil no tejido y la geomalla sobre la capacidad portante y los asentamientos del suelo.

Se utilizaron los siguientes materiales durante la investigación:

- Suelo proveniente de la Sabana de Bogotá.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

- Geotextil tejido T-2100.
- Geotextil no tejido NT-1600.
- Geomalla biaxial PET.
- Cajón metálico de ensayo con visor frontal en acrílico.
- Cilindro de concreto para transmisión de carga.
- Máquina universal de ensayos.
- Instrumentos de laboratorio para caracterización geotécnica

Antes de realizar los ensayos de carga se efectuó la caracterización geotécnica del material con el fin de determinar sus propiedades físicas y de compactación.

Los ensayos realizados fueron:

- Humedad natural.
- Granulometría por tamizado.
- Hidrometría.
- Límites de Atterberg.
- Ensayo Proctor estándar.

ENSAYO	NORMA	PROPOSITO
Humedad natural	NTC-1776	Determinar el contenido de humedad suelo
Granulometría	NTC-1522	Distribución del tamaño de las partículas
Hidrometría	ASTM D 422-63	Determinar el tamaño de la fracción más fina del suelo
Límites de Atterberg	ASTM D 4318	Analizar cuando el suelo se empieza a comportar como un material plástico
Proctor estándar	AASHTO T99	Humedad óptima y densidad seca máxima



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Sobrecarga progresiva	Diseño experimental	Evaluar capacidad portante y asentamiento del suelo
-----------------------	---------------------	---

Tabla 1. Normas y procedimientos de ensayo empleados en la investigación.

El modelo físico experimental fue construido mediante un cajón metálico de 30 cm de largo, 50 cm de ancho y 35 cm de altura, equipado con una cara frontal en acrílico transparente que permitió observar visualmente la evolución de las deformaciones del suelo durante cada ensayo.

Las dimensiones del cajón fueron seleccionadas buscando minimizar los efectos de borde durante la aplicación de la carga. Considerando el diámetro del elemento transmisor de carga, la relación ancho/diámetro resulta superior al criterio mínimo recomendado de 5B reportado en investigaciones experimentales sobre cimentaciones superficiales reforzadas (Adams, M. T., & Collin, J. G., 1997)

Debe aclararse que el montaje no representa un modelo físico de similitud, sino un sistema experimental diseñado para comparar el comportamiento relativo de diferentes configuraciones de refuerzo bajo condiciones idénticas de ensayo.

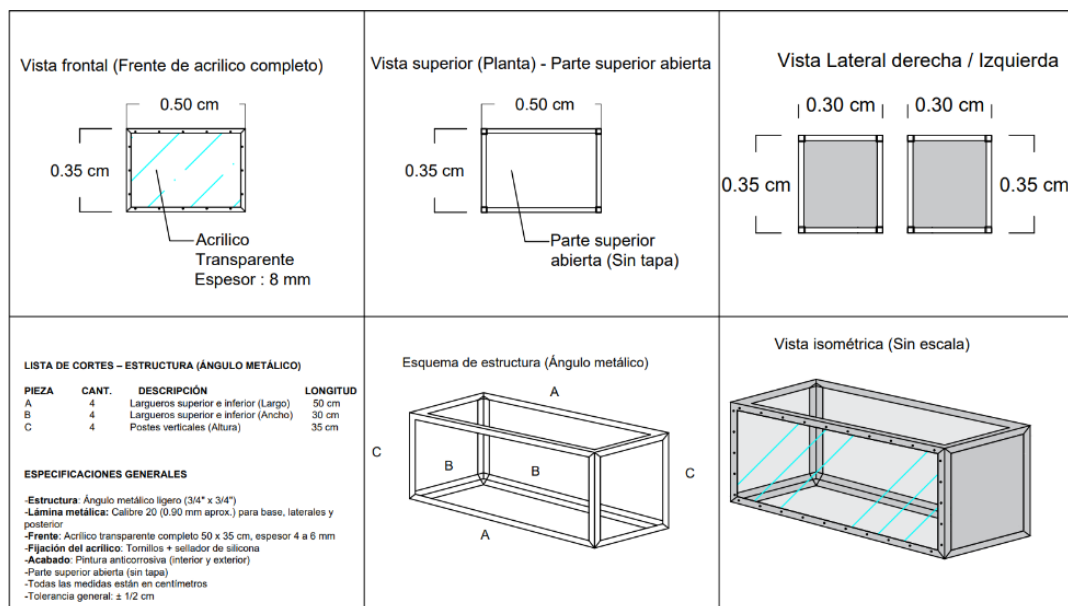


Figura 1. Vistas generales cajón metálico para la muestra.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Cada muestra fue preparada utilizando el contenido de humedad y la densidad seca máxima obtenidos mediante el ensayo Proctor estándar.

El suelo fue colocado dentro del cajón en capas sucesivas, compactando cada una de ellas hasta alcanzar una condición uniforme.

Posteriormente se instalaron los diferentes sistemas de refuerzo de acuerdo con cada configuración experimental:

- Suelo sin refuerzo.
- Geotextil no tejido.
- Geotextil tejido.
- Geomalla biaxial PET.

Propiedad	Geotextil no tejido NT1600	Geotextil tejido T2100	Geomalla biaxial PET GG100/100
Material	Polipropileno punzonado por agujas	Polipropileno tejido de alta tenacidad	Poliéster (PET) con recubrimiento polimérico
Función principal	Separación, filtración y drenaje	Refuerzo estructural y separación	Refuerzo estructural
Resistencia a la tracción (kN/m)	8	29,8	100 / 100
Elongación (%)	> 50	17 - 25	≈ 12
Resistencia al punzonamiento (N)	1311	4547	Según fabricante
Espesor (mm)	1,6	0,5	—
Tamaño de abertura (AOS) (mm)	0,18	0,43	40 × 40 mm (abertura de la malla)



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Resistencia UV (%)	>70	70	>70
Aplicaciones principales	Filtración, separación, drenaje	Refuerzo de subrasantes, terraplenes y cimentaciones	Refuerzo de bases, pavimentos y mejoramiento de suelos

Elaboración propia con base en las fichas técnicas de Pavco, TDM group y Gerfor

Tabla 2. Comparación de las principales propiedades técnicas de los geosintéticos empleados en la investigación.

La comparación de las propiedades mecánicas evidencia diferencias importantes entre los materiales empleados. El geotextil no tejido presenta una menor resistencia a la tracción y una elevada deformabilidad, características que lo orientan principalmente hacia funciones de separación, filtración y drenaje. En contraste, el geotextil tejido y la geomalla biaxial fueron diseñados como elementos de refuerzo estructural, presentando mayores resistencias a la tracción y una menor deformación bajo carga. Estas características permitieron anticipar un mejor desempeño durante los ensayos de sobrecarga progresiva, hipótesis que posteriormente fue corroborada mediante los resultados experimentales.

Para la preparación de las muestras del ensayo de sobrecarga progresiva, el suelo se colocó dentro del cajón de ensayo en tres capas de 7 cm de espesor. Cada capa fue compactada de manera uniforme mediante un martillo Proctor estándar, aplicando 25 golpes por cuadrante, distribuidos sobre toda la superficie siguiendo un patrón en cuadrícula, con el fin de garantizar una densidad homogénea en toda la muestra. Una vez finalizada la compactación de cada estrato, se continuó con la colocación de la siguiente capa hasta completar la altura de ensayo. En las configuraciones reforzadas, el geosintético correspondiente se instaló en posición horizontal, cubriendo toda el área transversal del cajón y manteniendo la misma ubicación para todos los ensayos, con el propósito de asegurar la comparabilidad de los resultados.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026



Figura 2. Proceso de compactación.



Figura 3. Vista en planta del proceso de compactación.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026



Figura 4. *Proceso de compactación.*

En las configuraciones reforzadas, el geosintético se instaló horizontalmente cubriendo toda el área transversal del cajón, a una profundidad de 7 cm medida desde la superficie del suelo hasta el plano del refuerzo, correspondiente a una relación $u/B = 0,71$, donde $B = 9,8$ cm corresponde al diámetro del elemento de carga. Esta disposición se mantuvo constante en todos los ensayos con el fin de garantizar la comparabilidad de los resultados y se seleccionó considerando las recomendaciones reportadas en investigaciones previas sobre cimentaciones superficiales reforzadas (Adams, M. T., & Collin, J. G., 1997)

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		



Figura 5. Aplicación geotextil NT 1600.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

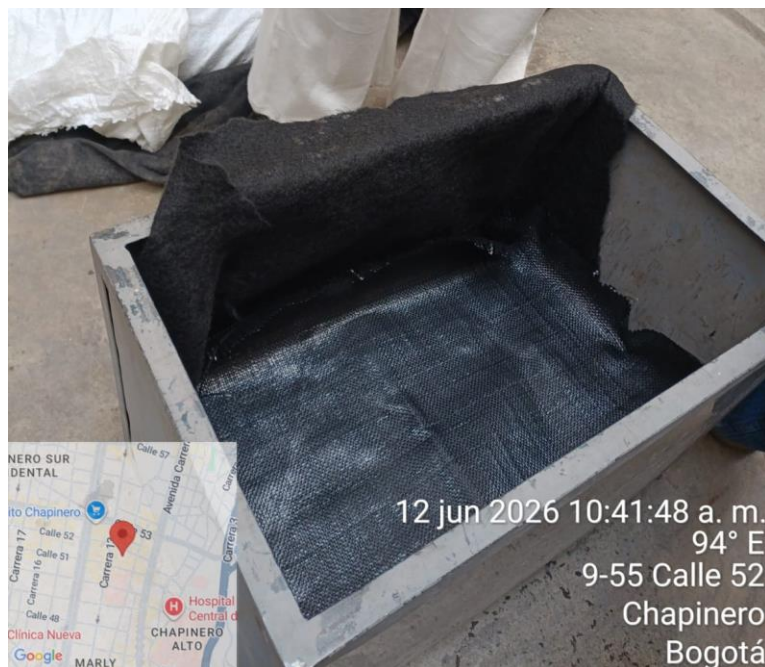


Figura 6. Aplicación geotextil T2100 (550X-T2100).



Figura 7. Aplicación geomalla biaxial PET GG100/100



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Posteriormente, la carga fue aplicada mediante una máquina universal de ensayos empleando un cilindro de concreto de 9,8 cm de diámetro como elemento de carga. El ensayo se realizó bajo control de desplazamiento, con una velocidad constante de aplicación de 10 mm/min y un recorrido máximo del pistón de 80 mm, registrando de manera continua la carga aplicada y el desplazamiento mediante el software Testometric. Todas las configuraciones experimentales fueron desarrolladas bajo las mismas condiciones de compactación, geometría, velocidad de carga y elemento de aplicación, variando únicamente el tipo de geosintético empleado como refuerzo.

Con el propósito de comparar el comportamiento de todas las configuraciones, se analizaron dos condiciones:

Método 1

Carga constante de 1 tonelada fuerza, registrando el recorrido vertical del pistón.

Método 2

Recorrido constante de 80 mm, registrando la carga máxima soportada por cada configuración.

Finalmente, cada configuración fue ensayada tres veces para verificar la repetibilidad de los resultados obtenidos.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026



Figura 8. Configuración general para el ensayo de sobrecarga progresiva.



Figura 9. Configuración en maquina universal de ensayos para ensayo de sobrecarga progresiva.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Desarrollo

Se realizó la caracterización física del suelo mediante los ensayos de humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, hidrometría y Proctor estándar.

Se inició con el ensayo de humedad natural, para determinar el contenido de agua de la muestra tomada para el ensayo, este se desarrolló con tres muestras características de la muestra principal, para obtener resultados más concretos y certeros.

	1	2	3
Masa de la cápsula vacía (Mr)(g)	42,99	43,74	45,89
Masa de la cápsula + suelo húmedo (Mr+sh)(g)	394,36	443,23	516,44
Masa suelo húmedo (g)	351,37	399,49	470,55
Masa de la cápsula + suelo seco (Mr+ss)(g)	331,52	369,56	429,35
Masa suelo seco (g)	288,53	325,82	383,46
Masa de agua (Mw)(g)	62,84	73,67	87,09
Humedad (W) (%)	22%	23%	23%
Humedad promedio (Wp) (%)	22%		

Tabla 3. Datos obtenidos del ensayo de determinación de humedad natural del suelo.

Posteriormente se realizó el ensayo de granulometría por tamizado, llevando a cabo todo el proceso de peso de muestra, medida del tamaño máximo nominal, lavado, secado y tamizado manual, el proceso de tamizado se realizó tres veces para verificar datos.

ITEM	VALOR
Masa inicial (Wo)(Kg)	3,15167
Pasa tamiz N 4 (%)	59,39%
Masa final (Wf)(Kg)	3,11667
Perdidas (%)	1,11%
Curva Granulométrica	

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

D10	0,10
D30	0,22
D60	5,00
Cu	50,00
Cc	0,10

Tabla 4. Datos obtenidos del ensayo de granulometría por tamizado.

Nº	TAMIZ (")	TAMIZ (mm)	RETENIDO (kg)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE PASA
1	2 1/2"	63,5	0,000	0,00%	0,00%	100,00%
2	2"	50,8	0,255	8,09%	8,09%	91,91%
3	1 1/2"	38,1	0,070	2,22%	10,31%	89,69%
4	1"	25,4	0,090	2,86%	13,17%	86,83%
5	3/4"	19	0,205	6,50%	19,67%	80,33%
6	5/8"	15,9	0,055	1,75%	21,42%	78,58%
7	1/2"	12,7	0,155	4,92%	26,34%	73,66%
8	3/8"	9,5	0,120	3,81%	30,14%	69,86%
9	5/16"	7,9	0,100	3,17%	33,32%	66,68%
10	4	4,75	0,230	7,30%	40,61%	59,39%
11	5	4	0,080	2,54%	43,15%	56,85%
12	8	2,36	0,145	4,60%	47,75%	52,25%
13	30	0,6	0,315	9,99%	57,75%	42,25%
14	50	0,3	0,150	4,76%	62,51%	37,49%
15	100	0,15	0,580	18,40%	80,91%	19,09%
16	200	0,075	0,450	14,28%	95,19%	4,81%

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

17	Fondo	-	0,117	3,70%	98,89%	1,11%
Perdidas					1,11%	

Tabla 5. Datos obtenidos del proceso de tamizaje del ensayo de granulometría por tamizado.

Con el material que se obtiene en el fondo de los tamices o el material que pasa el tamiz N°200 se puede realizar el proceso del ensayo de Límites de Atterberg para determinar cuando el suelo se empieza a comportar como un material plástico al absorber cierta cantidad de agua, para la determinación del límite plástico LP se realizó con tres diferentes muestras, mientras que para el límite líquido LL se realizó con nueve muestras diferentes, así se obtienen valores certeros que coincidan realmente con la teoría.

Masa inicial (g)	175,15
-------------------------	---------------

Tabla 6. Masa muestra de ensayo Límites de Atterberg.

LÍMITE LÍQUIDO (LL)									
N° muestra	N° golpes	Peso recipiente	Peso recipiente + muestra húmeda	Peso recipiente + muestra seca	Peso muestra húmeda	Peso muestra seca	Masa agua (Mw)	Logaritmo N° golpes	Humedad (W)
1	5	14,33	28,74	25,01	14,41	10,68	3,73	0,698970004	34,9%
2	5	14,03	34,76	29,53	20,73	15,5	5,23	0,698970004	33,7%
3	10	15,12	37,23	31,81	22,11	16,69	5,42	1	32,5%
4	11	19,84	36,55	32,48	16,71	12,64	4,07	1,041392685	32,2%
5	15	19,05	36,15	32,14	17,1	13,09	4,01	1,176091259	30,6%
6	16	17,18	32,90	29,27	15,72	12,09	3,63	1,204119983	30,0%
7	20	12,01	31,95	27,47	19,94	15,46	4,48	1,301029996	29,0%
8	21	19,65	28,68	26,68	9,03	7,03	2	1,322219295	28,4%
9	23	19,88	50,17	43,52	30,29	23,64	6,65	1,361727836	28,1%

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Tabla 7. Valores obtenidos del desarrollo del ensayo de Límites de Atterberg para determinar el límite líquido.

LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
Nº muestra	Peso recipiente	Peso recipiente + muestra húmeda	Peso recipiente + muestra seca	Peso muestra húmeda	Peso muestra seca	Humedad (W)
1	14,94	16,76	16,37	1,82	1,43	27,27%
2	13,58	14,69	14,45	1,11	0,87	27,59%
3	19,81	21,34	21,02	1,53	1,21	26,45%

Tabla 8. Valores obtenidos del desarrollo del ensayo de Límites de Atterberg para determinar el límite plástico.

Para el ensayo de hidrometría se utiliza de igual forma que en el ensayo de límites de Atterberg, el material que queda en el fondo o en material que pasa el tamiz N°200, este ensayo se realizó con la precisión que se indica en la norma correspondiente, dejando reposar la solución de hexametafosfato el tiempo necesario para que pueda cumplir su función (ASTM INTERNATIONAL, 2021).

En este ensayo es necesario realizar una interpolación para obtener la velocidad cinemática y otra interpolación para obtener la densidad del agua.

Muestra de suelo	
Gravedad específica (arcilla)	2,68
Viscosidad (Cm²/s)	0,01054
Densidad agua (g/cm³)	0,998
Gravedad (cm/s²)	980,665
Wrecipiente	50,00
Wrecipiente+ muestra (g)	101,67
Wmuestra (g)	51,67

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Tabla 9. Datos de entrada para el ensayo de Hidrometría.

Temperatura (C°)	Viscosidad Cinemática (m ² /s)	Viscosidad Cinemática (Cm ² /s)
0	1,79E-06	1,79E-02
5	1,31E-06	1,31E-02
10	1,31E-06	1,31E-02
15	1,15E-06	1,15E-02
20	1,05E-06	1,05E-02
25	8,94E-07	8,94E-03
30	8,02E-07	8,02E-03
35	7,22E-07	7,22E-03
40	6,62E-07	6,62E-03
45	6,00E-07	6,00E-03
50	5,55E-07	5,55E-03
55	4,98E-07	4,98E-03
Interpolación		
19,283	1,05E-06	1,05E-02

Tabla 10. Valores obtenidos de las lecturas realizadas durante el desarrollo del ensayo de hidrometría.

Temperatura (°C)	Densidad del agua (ρ)(kg/m ³)	Densidad del agua (ρ)(g/m ³)
0	1000,00	1,000
10	1000,00	1,000
20	998,00	0,998
30	996,00	0,996
40	992,00	0,992

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

50	988,00	0,988
60	983,00	0,983
70	978,00	0,978
80	972,00	0,972
90	965,00	0,965
100	958,00	0,958
Interpolación		
19,283	998,287	0,998

Tabla 11. Valores obtenidos de las lecturas realizadas durante el desarrollo del ensayo de hidrometría.

HIDROMETRO HUMBOLT (H-4241)	
Diámetro (cm)	5,95
Volumen (cm³)	67,00
h₀	16,30
h₃₀	11,40
Área (cm²)	27,81

Tabla 12. Datos del hidrómetro.

Tiempo (t)(Minutos)	Temperatura (°C)	Lectura hidrómetro (R ₀) (g/L)	Lectura corregida (R) (g/L)	Distancia del agua al centro hidrómetro (L ₁)(cm)	Lectura corregida (L)(cm)	RAIZ (√)(L/T)	Diámetro (D)(mm)	Clasificación (Por tamaño de partícula)	Porcentaje más fino (%)
0,50	19,70	17,0	17,50	13,44	12,24	4,947	0,0686	ARENA	33,64



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

1,00	19,70	13,0	13,50	14,10	12,89	3,590	0,0498	LIMO	25,95
2,00	19,60	12,0	12,50	14,26	13,05	2,555	0,0354	LIMO	24,03
4,00	19,60	11,0	11,50	14,42	13,22	1,818	0,0252	LIMO	22,11
8,00	19,60	10,5	11,00	14,50	13,30	1,289	0,0179	LIMO	21,14
16,00	19,60	10,0	10,50	14,59	13,38	0,914	0,0127	LIMO	20,18
30,00	19,50	9,3	9,80	14,70	13,49	0,671	0,0093	LIMO	18,84
60,00	19,40	9,0	9,50	14,75	13,54	0,475	0,0066	LIMO	18,26
120,00	18,40	8,5	9,00	14,83	13,63	0,337	0,0047	LIMO	17,30
240,00	18,30	8,0	8,50	14,91	13,71	0,239	0,0033	LIMO	16,34
1440,00	18,30	7,5	8,00	14,99	13,79	0,098	0,0014	ARCILL A	15,38
Promedio	19,28								
o									

Tabla 13. Lecturas de tiempo, temperatura y correcciones del ensayo de hidrometría.

Una vez realizados estos ensayos, se procede a realizar el ensayo de Proctor estándar, este realizó con cinco muestras diferentes, todos con diferentes humedades de manera controlada para así obtener resultados reales del estado de la muestra al añadirle cierta cantidad de agua, se llevó a cabo con diferentes moldes, a los que se les toma altura y diámetro, cada uno en tres veces para obtener un valor promedio, para posteriormente obtener valores de volumen que serán útiles durante el desarrollo de los cálculos correspondientes para el ensayo.

En el proceso de añadir agua, se debe resaltar que se hizo de menor cantidad a mayor cantidad para tener una humedad controlada.

Masa bandeja (g)	4420,00			
Masa muestra total (g)	11405,00			
Temperatura de secado (°c)	105 +-5			

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

				promedio
Molde 1 Altura (cm)	11,25	11,22	11,23	11,23
Molde 1 Diámetro (cm)	9,75	9,73	9,68	9,72
Molde 1 volumen (V)	832,73			
Molde 2 masa (M1) (g)	3660,00			
				promedio
Molde 2 Altura(cm)	11,22	11,22	11,22	11,22
Molde 2 diámetro (cm)	9,72	9,66	9,76	9,71
Molde 2 volumen (V)	830,56			
Molde 2 masa (M2) (g)	3690,00			

Tabla 14. Datos base de la geometría y masas de los moldes para el ensayo de Proctor estándar.

Molde usado	1	2	2	1	2
Proctor estándar	1	2	3	4	5
Masa del molde (g)	3660,00	3690,00	3690,00	3660,00	3690,00
masa molde + suelo húmedo (g)	5380,00	5440,00	5460,00	5410,00	5385,00
Masa suelo húmedo (g)	1720,00	1750,00	1770,00	1750,00	1695,00
Volumen molde (cm3)	832,73	830,56	830,56	830,56	832,73
Densidad húmeda (g/cm3)	2,0655	2,1070	2,1311	2,1070	2,0355
Masa de la Tara (g)	37,44	39,43	37,86	55,06	52,81
Tara + suelo húmedo (g)	323,29	316,76	310,43	318,71	304,14
Tara + suelo seco(g)	268,62	259,62	252,78	261,90	244,51
Masa del agua (g)	54,67	57,14	57,65	56,81	59,63
Masa suelo seco (g)	231,18	220,19	214,92	206,84	191,70
Humedad (%)	23,65%	25,95%	26,82%	27,47%	31,11%
Densidad seca (g/cm3)	1,6705	1,6729	1,6804	1,6530	1,5525



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Máxima densidad seca (g/cm³)	1,68
Hora horno	11:07 a. m

Tabla 15. Valores obtenidos del proceso de compactación y pesos de las muestras para el ensayo de Proctor estándar.

Una vez realizada la caracterización del suelo, se lleva a cabo el ensayo principal de la investigación, el ensayo de sobrecarga progresiva, en donde se implementan los materiales mencionados en el apartado de “metodología”, utilizando el cajón con las medidas especificadas en la *figura 1*, de este mismo documento.

Se toman las medidas del cilindro que simula la carga puntual que transmite la cimentación superficial al suelo, este es un cilindro con una resistencia f'_c de 28 MPa, una vez estos datos están claros se procede a realizar el ensayo en la prensa o maquina universal de ensayos, marca Shimadzu Corporation, modelo UH-50A, así se logra garantizar el control de la fuerza que será aplicada al cilindro que simula la cimentación superficial.

ALTURA CILINDRO	altura 1	20
	altura 2	19,8
	altura 3	19,9
PROMEDIO		19,9

Tabla 16. Altura cilindro de concreto.

DIÁMETRO CILINDRO	diámetro 1	9,8
	diámetro 2	9,8
	diámetro 3	9,8
PROMEDIO		9,8

Tabla 17. Diámetro cilindro de concreto.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

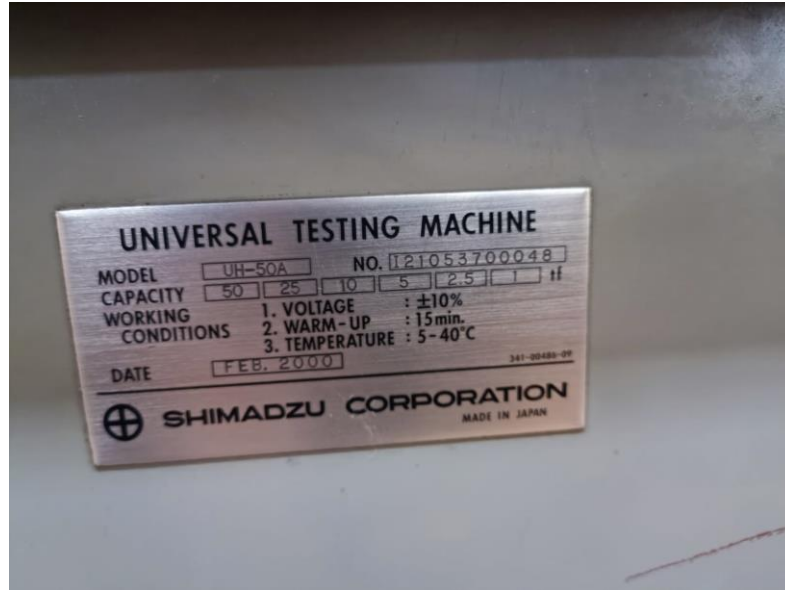


Figura 10. Datos ficha técnica de la maquina universal de ensayos.

Se realizaron cuatro diferentes ensayos, iniciando por el ensayo del suelo sin reforzar para obtener una carga patrón, seguido de los ensayos con suelo reforzado, iniciando por el suelo reforzado con geotextil no tejido 1600, geotextil tejido 2100 y geomalla biaxial PET 100/100.

Antes de la aplicación de la carga de ensayo, se registró el asentamiento inicial de cada muestra, correspondiente a la deformación generada por el proceso de compactación y acomodamiento del suelo dentro del modelo físico. Los valores presentados en las Tablas 18 a 21 corresponden a este asentamiento inicial y fueron registrados como referencia para verificar la uniformidad en la preparación de las muestras, por lo que no corresponden al asentamiento producido por la aplicación de la carga ni afectan el análisis comparativo de la capacidad portante y el comportamiento mecánico del suelo.

Posteriormente, se mide el asentamiento del suelo en mm para los cuatro diferentes casos durante la aplicación de la carga.

	Asentamiento SR	9,24
	Asentamiento SR	9,19

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

HUNDIMIENTO MUESTRA SIN REFORZAMIENTO	Asentamiento SR	9,62
	PROMEDIO	9,35

Tabla 18. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo sin reforzar.

HUNDIMIENTO MUESTRA CON GEOTEXTIL NO TEJIDO 1600	Asentamiento GT NT1600	9,07
	Asentamiento GT NT1600	9,16
	Asentamiento GT NT1600	9,27
	PROMEDIO	9,17

Tabla 19. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GT NT1600.

HUNDIMIENTO MUESTRA CON GEOTEXTIL TEJIDO 2100	Asentamiento GTT 1	9,54
	Asentamiento GTT 2	9,94
	Asentamiento GTT 3	9,55
	PROMEDIO	9,68

Tabla 20. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GT T2100.

HUNDIMIENTO MUESTRA CON GEOMALLA BIAXIAL PET GG 100/100	Asentamiento GM 1	9,31
	Asentamiento GM 2	9,20
	Asentamiento GM 3	9,23
	PROMEDIO	9,25

Tabla 21. Valores obtenidos del ensayo de sobrecarga progresiva en suelo reforzado con GMB PET GG 100/100.

Resultados e impacto

Los resultados obtenidos durante la caracterización geotécnica permitieron identificar las propiedades físicas y mecánicas del suelo empleado en la investigación, estableciendo las condiciones necesarias para la preparación de las muestras y el desarrollo de los ensayos de carga.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

De acuerdo con el Mapa Geotécnico de Bogotá, obtenido del Servicio Geológico Colombiano SGC, en la plancha 228- Santafé de Bogotá Noreste, el sector donde fue extraída la muestra corresponde a depósitos de origen coluvial–aluvial (Servicio Geológico Colombiano, 2010), caracterizados por la presencia de materiales transportados tanto por procesos gravitacionales como por acción del agua. Este tipo de depósitos suelen presentar una mezcla de partículas gruesas y finas, comportamiento heterogéneo y una capacidad portante variable dependiendo de su composición y grado de consolidación.

Los resultados obtenidos en laboratorio permitieron corroborar dicha clasificación geológica.

La granulometría evidenció una distribución compuesta por fracciones de grava, arena, limo y un pequeño porcentaje de arcilla, mientras que la hidrometría confirmó la presencia predominante de partículas limosas dentro del material fino. En conjunto, estos resultados son consistentes con un suelo de origen coluvial–aluvial, confirmando experimentalmente la información reportada para la zona de estudio.

Resultado determinación de la humedad natural del suelo

La humedad natural promedio obtenida fue del 22%, indicando que el suelo presentaba un contenido de agua relativamente moderado al momento de la extracción.

Este valor resulta coherente con el tipo de material identificado, ya que los depósitos coluviales–aluviales presentan una capacidad de retención de humedad intermedia debido a la combinación de partículas gruesas y finas. Este parámetro permitió establecer una referencia para el proceso de compactación desarrollado después mediante el ensayo Proctor estándar.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Resultado granulometría por tamizado

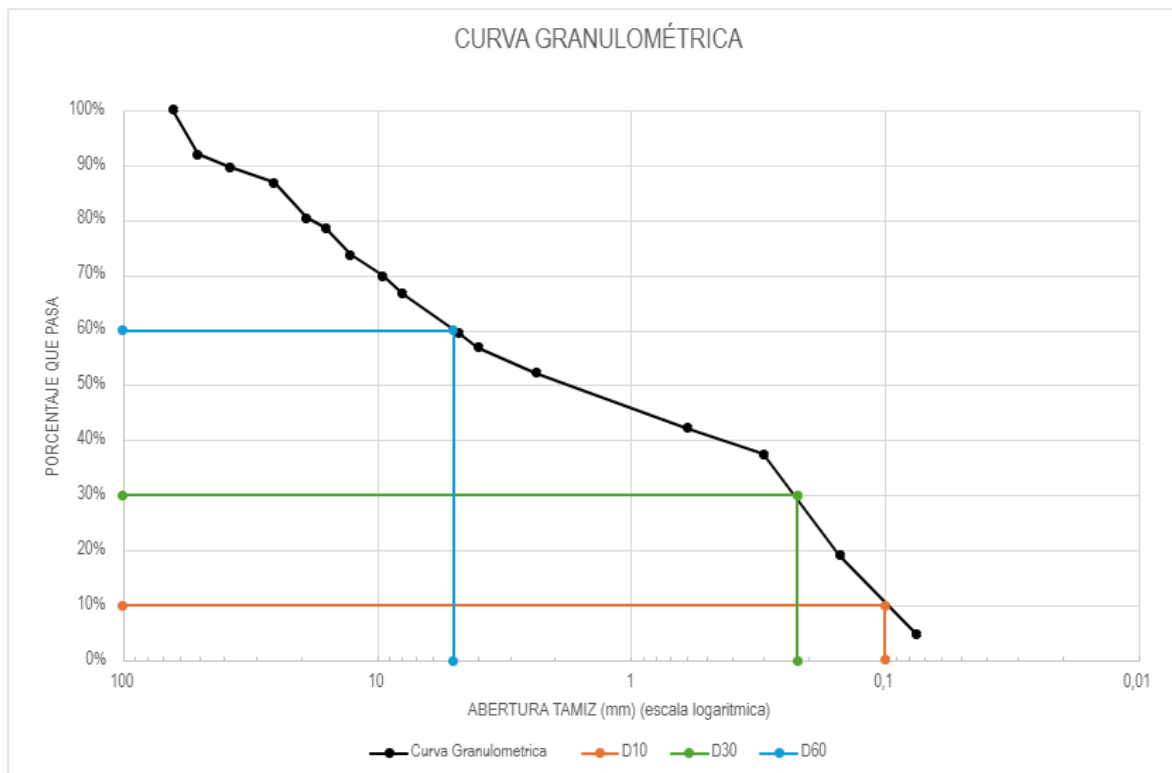


Figura 11. Resultado de la curva granulométrica obtenida del ensayo de granulometría por tamizado.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026



Figura 12. Organización de partículas según su tamaño después del ensayo de granulometría por tamizado.

El ensayo granulométrico permitió determinar que aproximadamente el 59,39% del material pasa el tamiz No. 4, evidenciando una composición donde predominan las arenas y los materiales finos.

Los coeficientes granulométricos obtenidos muestran una distribución heterogénea de tamaños de partículas, característica habitual de depósitos coluviales–aluviales formados mediante diferentes procesos de transporte y sedimentación.

La curva granulométrica evidencia una gradación continua, aspecto favorable para el proceso de compactación y para la interacción mecánica entre el suelo y los geosintéticos utilizados durante los ensayos de carga.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Resultado hidrometría

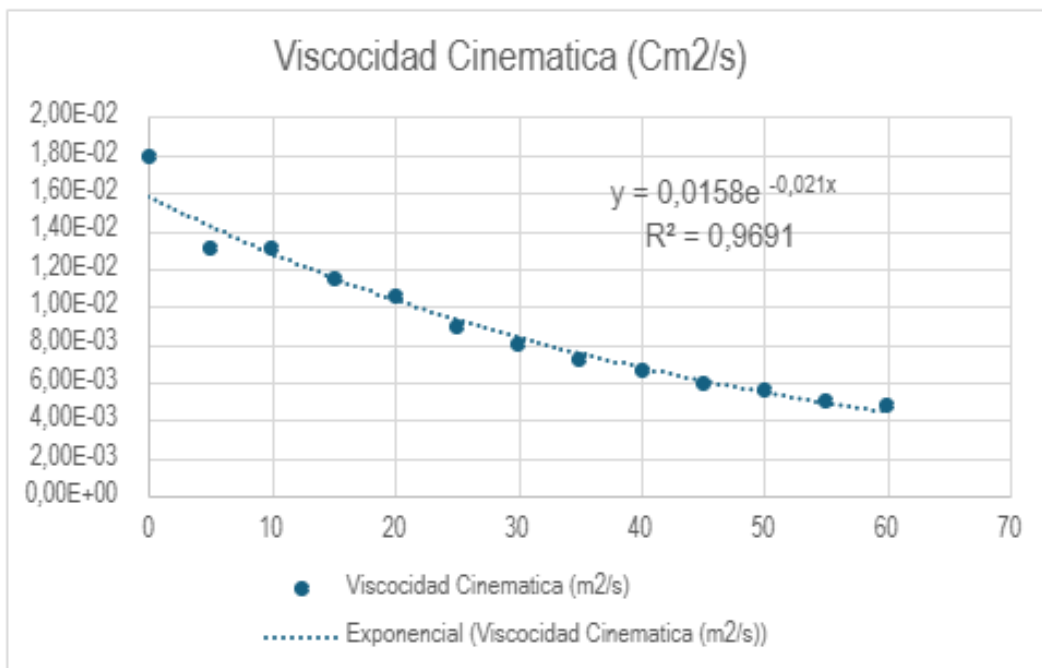


Figura 13. Viscosidad cinemática obtenido con la tabla 10.

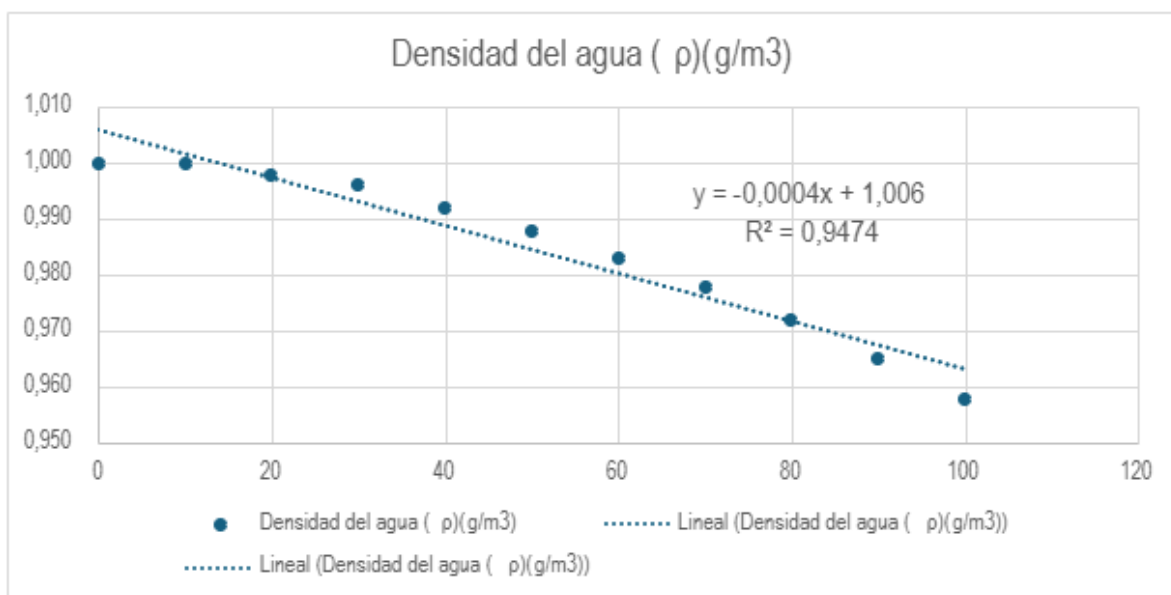


Figura 14. Densidad del agua obtenida de la tabla 11.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

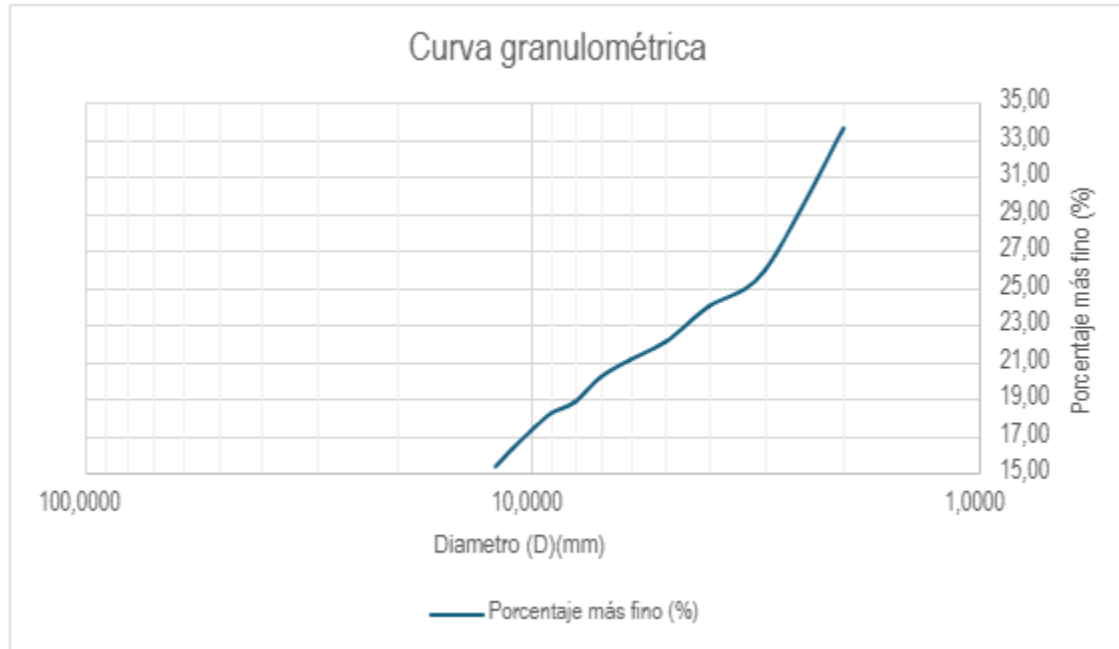


Figura 15. Curva granulométrica obtenida del ensayo de hidrometría.

La hidrometría permitió analizar la fracción fina del suelo, identificando un predominio de partículas limosas y un porcentaje reducido de arcilla.

Los resultados muestran que el porcentaje de partículas finas disminuye progresivamente conforme disminuye el diámetro equivalente, alcanzando aproximadamente un 15% de partículas arcillosas.

Estos resultados complementan la granulometría y confirman que el material corresponde a un suelo de naturaleza coluvial–aluvial, donde predominan arenas y limos con una participación relativamente baja de arcillas.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Resultado límites de Atterberg

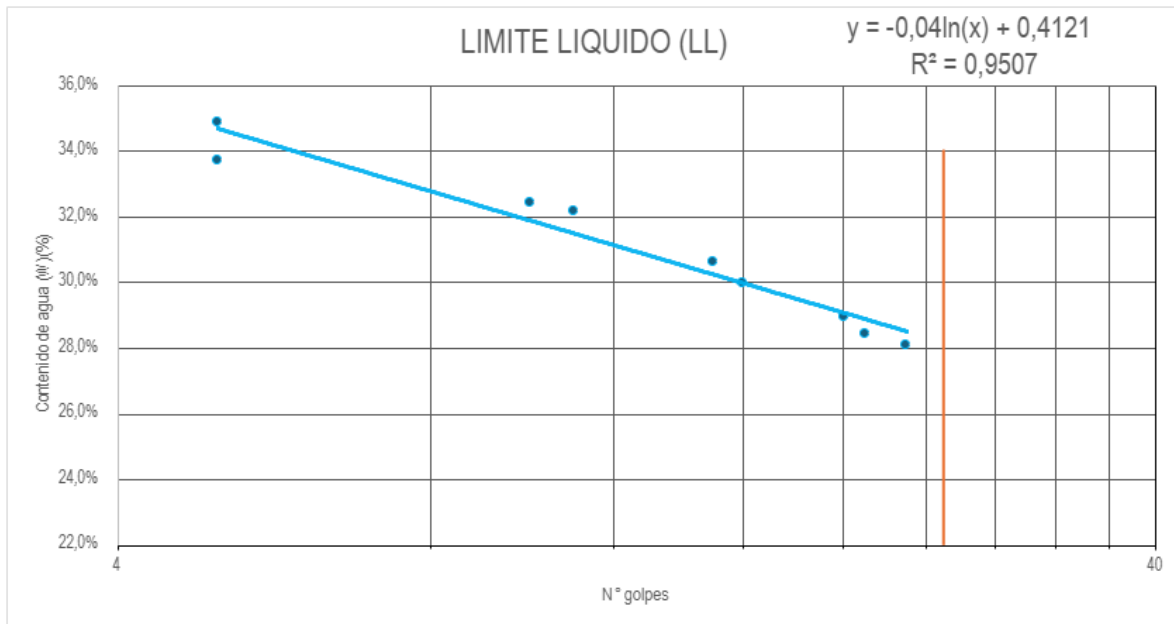


Figura 16. Limite liquido obtenido del ensayo de límites de Atterberg.

LP	LL	IP
27,1%	28,3%	1,2%

Tabla 22. Resultados de LP, LL e IP del ensayo de límites de Atterberg.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

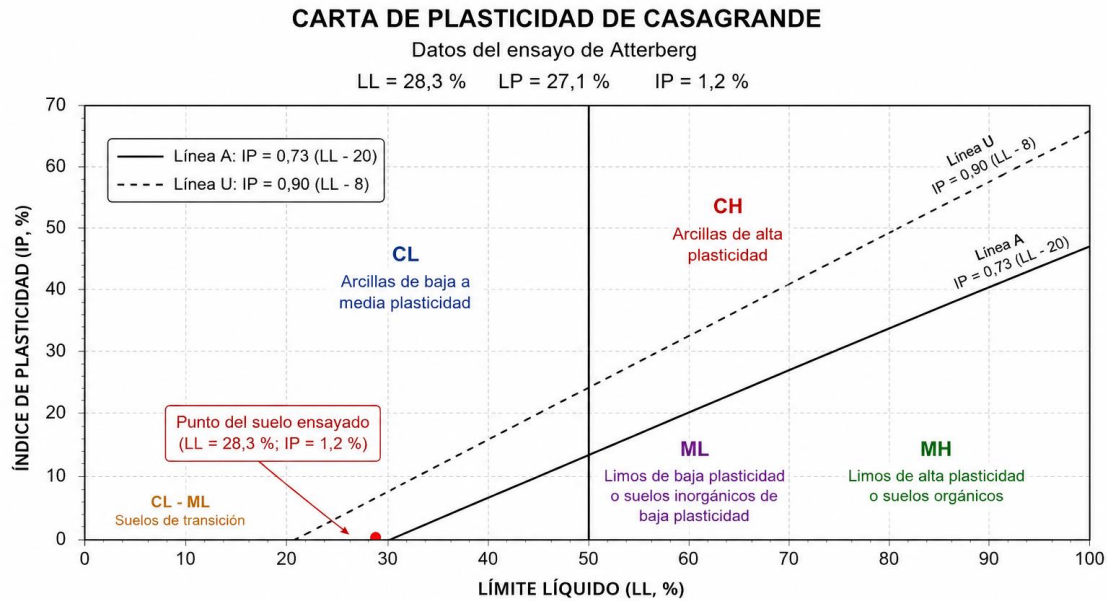


Figura 17. Carta de plasticidad de Casagrande de acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo de Límites de Atterberg.

Los ensayos de límites de Atterberg arrojaron un Límite Líquido de 28,3%, un Límite Plástico de 27,1% y un Índice de Plasticidad de apenas 1,2%.

El índice de plasticidad obtenido fue de 1,2 %, valor que se encuentra por debajo del límite establecido por la norma ASTM D4318 para considerar un suelo como plástico. En consecuencia, el material puede clasificarse como no plástico (NP), lo que indica una muy baja presencia de fracción arcillosa activa (ASTM INTERNATIONAL, 2018). Este comportamiento concuerda con los resultados de la caracterización granulométrica y con la clasificación geotécnica del material, evidenciando el predominio de partículas arenosas propias de un depósito de origen coluvial–aluvial.

En consecuencia, el material posee una reducida capacidad de expansión o contracción frente a cambios en su contenido de humedad, comportamiento que coincide con un suelo donde predominan arenas y limos sobre las fracciones arcillosas.

Desde el punto de vista geotécnico, este resultado también explica que la capacidad portante del material dependa principalmente de la estructura granular y del confinamiento generado por el refuerzo, más que de la cohesión propia del suelo.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS), establecido en la norma ASTM D2487, el material analizado se clasificó como una arena mal gradada (SP), caracterizada por presentar un bajo contenido de finos (ASTM INTERNATIONAL, 2025). Esta clasificación es consistente con las características geotécnicas esperadas para depósitos de origen coluvial-aluvial presentes en la Sabana de Bogotá, lo cual fue corroborado mediante los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados durante la presente investigación.

Resultado límites de Proctor estándar

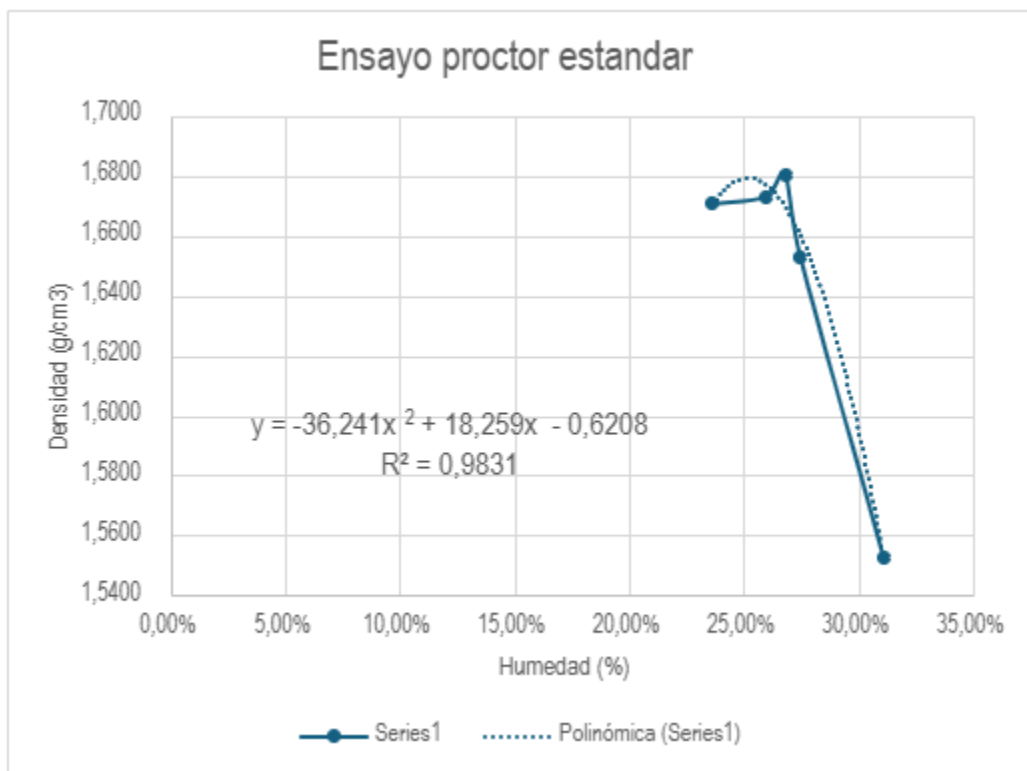


Figura 18. Resultados del ensayo de Proctor estándar.

Humedad optima Wopt (%)	26,8%
Máxima densidad seca (g/cm3)	1,68

Tabla 23. Humedad optima y densidad seca máxima del ensayo de Proctor estándar.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

El ensayo Proctor estándar permitió determinar una densidad seca máxima de 1,68 g/cm³, obtenida para un contenido de humedad cercano al 26,8%.

Este resultado fue fundamental para garantizar que todas las muestras fueran preparadas bajo condiciones equivalentes de compactación, eliminando la influencia de la densidad como variable experimental.

De esta manera, las diferencias observadas posteriormente durante los ensayos de carga pueden atribuirse principalmente al efecto del tipo de geosintético implementado y no a diferencias en la preparación del suelo.

Por lo anterior, se presenta la *tabla 24*, en donde se sintetiza la caracterización final del suelo, incluyendo los ensayos de laboratorio realizados y los resultados obtenidos de cada uno de ellos.

Ensayo	Resultado
Humedad natural del suelo	22%
Granulometría por tamizado	59.39% de arenas y finos.
Hidrometría	15% de arcillas
Límites de Atterberg	Límite Líquido de 28,3%, Límite Plástico de 27,1%, Índice de Plasticidad 1,2%.
Proctor estándar	Wopt: 26.8% ρmax: 1.68 g/cm ³

Tabla 24. Síntesis de resultados de laboratorio

Resultados ensayo experimental sobrecarga progresiva

Suelo sin refuerzo:

La muestra sin refuerzo presentó el comportamiento esperado para un suelo sin ningún tipo de confinamiento, bajo una carga de 1 tonelada fuerza se registró un recorrido del pistón de 80,31 mm, siendo el mayor desplazamiento entre todas las configuraciones evaluadas.

Asimismo, para un desplazamiento controlado de 80 mm, la carga máxima soportada fue únicamente de 1,01 tonelada fuerza, valor que fue tomado como referencia para calcular el Bearing Capacity Ratio (BCR).



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Durante el ensayo se observó una concentración de deformaciones bajo el punto de aplicación de la carga, evidenciando la limitada capacidad del suelo para redistribuir esfuerzos en ausencia de elementos de refuerzo.

Suelo reforzado con geotextil no tejido 1600

La incorporación del geotextil no tejido produjo una mejora respecto al suelo natural. El recorrido del pistón para una carga constante de 1 tonelada fuerza disminuyó hasta 46,31 mm, lo que representa una reducción cercana al 42% respecto a la muestra sin refuerzo.

De igual manera, la carga máxima soportada aumentó hasta 1,21 tonelada fuerza, obteniéndose un BCR igual a 1,21.

Aunque el incremento fue positivo, el desempeño fue considerablemente inferior al obtenido con el geotextil tejido y la geomalla, esto puede atribuirse a que los geotextiles no tejidos están diseñados principalmente para funciones de separación, filtración y drenaje, presentando una menor rigidez estructural y, por tanto, una capacidad más limitada para redistribuir esfuerzos dentro del suelo.

Suelo reforzado con geotextil tejido 2100

El geotextil tejido presentó uno de los mejores comportamientos experimentales.

Con una carga constante de 1 tonelada fuerza, el recorrido del pistón fue de únicamente 15,96 mm, representando una reducción aproximada del 80% respecto al suelo sin refuerzo.

Asimismo, la capacidad portante aumentó hasta 2,13 tonelada fuerza, obteniendo un BCR de 2,13, lo que indica que el sistema fue capaz de soportar más del doble de carga respecto a la condición sin refuerzo.

Este comportamiento se relaciona con la elevada resistencia a la tracción del material y con su capacidad para generar un efecto de membrana que redistribuye las tensiones hacia zonas adyacentes del suelo.

Suelo reforzado con geomalla biaxial PETGG 100/100

La geomalla biaxial presentó el mayor desempeño experimental de todas las configuraciones evaluadas.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Para una carga de 1 tonelada fuerza, el recorrido del pistón fue de 17,86 mm, muy cercano al obtenido con el geotextil tejido.

De igual manera, la carga máxima soportada alcanzó 2,14 tonelada fuerza, obteniéndose el mayor BCR (2,14).

La diferencia respecto al geotextil tejido fue prácticamente despreciable, indicando que ambos materiales generan un mecanismo de reforzamiento muy similar bajo las condiciones experimentales de esta investigación.

Tras estos ensayos, se obtiene la comparación del BCR de cada uno de los suelos, sin refuerzo y con refuerzo.

	BCR	Incremento porcentual BCR
Carga máxima soportada (tf) del suelo sin refuerzo (SR)	1,01	0,00%
Carga máxima soportada (tf) del suelo reforzado con geotextil no tejido (GT-NT)	1,21	21,00%



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Carga máxima soportada (tf) del suelo reforzado con geotextil tejido (GT-T)	2,13	113,00%
Carga máxima soportada (tf) del suelo reforzado con geomalla biaxial PET GG100/100 (GM)	2,14	114,00%

Tabla 25. Resultados de BCR por ensayo de sobrecarga progresiva en suelos sin refuerzo y con refuerzo.

El análisis del Bearing Capacity Ratio (BCR) evidencia claramente el efecto del tipo de geosintético sobre la respuesta mecánica del suelo. Mientras que el geotextil no tejido incrementó la capacidad portante en aproximadamente un 21 %, tanto el geotextil tejido como la geomalla lograron incrementos superiores al 110 % respecto a la muestra sin refuerzo.

La similitud entre los valores obtenidos para la geomalla (2,14) y el geotextil tejido (2,13) sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, la rigidez del elemento de refuerzo constituye el parámetro determinante en el incremento de la capacidad portante, más que la geometría del geosintético. Este comportamiento coincide con lo reportado por Binquet y



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Lee (1975), Adams y Collin (1997) quienes demostraron que la eficiencia del refuerzo depende principalmente de su capacidad para movilizar esfuerzos de tracción e interactuar con el suelo.

Una vez obtenidos estos resultados, se grafica el comportamiento de cada uno de los ensayos realizados, donde se puede apreciar visualmente el comportamiento que se mencionó con anterioridad.

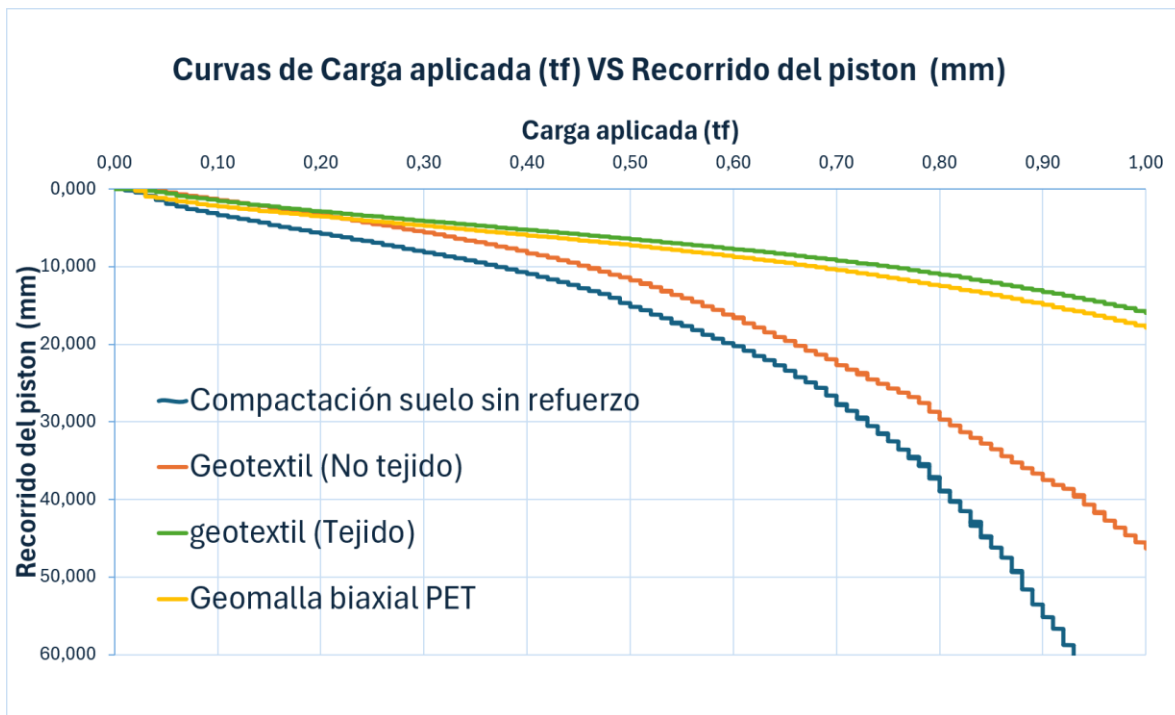


Figura 19. Curvas de carga aplicada (tf) vs. recorrido del pistón (mm) para las cuatro configuraciones de ensayo.

El ensayo de sobrecarga progresiva permitió evaluar el comportamiento del suelo sin reforzamiento y del suelo reforzado con geotextil no tejido NT1600, geotextil tejido T2100 (550X-T2100) y geomalla biaxial PET GG100/100 bajo diferentes niveles de presión de contacto.

Como se observa en la *Figura 19*, la muestra de suelo sin reforzamiento presentó los mayores asentamientos durante todo el ensayo, evidenciando una disminución progresiva de su rigidez conforme aumentó la presión aplicada. Este comportamiento era esperado, ya que



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

el suelo carece de un elemento capaz de redistribuir los esfuerzos y proporcionar confinamiento adicional.

La incorporación de geosintéticos modificó favorablemente la respuesta mecánica del sistema suelo-refuerzo. En las tres configuraciones reforzadas se observó una disminución de los asentamientos respecto a la condición sin reforzar, lo que demuestra la capacidad de estos materiales para movilizar esfuerzos de tracción y redistribuir las cargas aplicadas.

El geotextil no tejido NT1600 presentó una mejora respecto al suelo natural; sin embargo, su curva mostró asentamientos superiores a los obtenidos con el geotextil tejido y la geomalla biaxial. Este comportamiento puede asociarse a su menor rigidez y resistencia a la tracción, características que limitan su aporte como elemento de refuerzo estructural, aunque continúa desempeñando adecuadamente funciones de separación y filtración.

Por otra parte, el geotextil tejido T2100 (550X-T2100) y la geomalla biaxial PET GG100/100 presentaron las menores deformaciones durante el ensayo, mostrando un comportamiento muy similar entre sí. Ambas configuraciones conservaron una mayor rigidez del sistema suelo-refuerzo a medida que aumentó la presión de contacto, evidenciando una mayor eficiencia para controlar los asentamientos y mejorar la distribución de esfuerzos.

Estas observaciones son consistentes con los resultados obtenidos mediante el Bearing Capacity Ratio (BCR), donde la geomalla biaxial alcanzó un valor de 2,14, mientras que el geotextil tejido obtuvo un BCR de 2,13. La diferencia entre ambos resultados fue mínima, indicando que los dos materiales ofrecen un desempeño estructural prácticamente equivalente bajo las condiciones evaluadas.

En términos generales, los resultados experimentales evidencian que la incorporación de geosintéticos mejora significativamente el comportamiento del suelo frente a cargas concentradas. Asimismo, se observa que la eficiencia del refuerzo depende principalmente de la capacidad del material para desarrollar esfuerzos de tracción e interactuar mecánicamente con el suelo, siendo los geosintéticos de mayor rigidez los que proporcionaron los mayores incrementos en capacidad portante y el mejor control de los asentamientos.



CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

Conclusiones / y Recomendaciones

La incorporación de geosintéticos mejoró significativamente el comportamiento mecánico del suelo evaluado, incrementando su capacidad portante y reduciendo los desplazamientos verticales respecto a la condición sin refuerzo.

Los ensayos de laboratorio permitieron establecer que el material corresponde a un suelo con predominio de arenas y limos, baja plasticidad y comportamiento compatible con un depósito de origen coluvial–aluvial, corroborando la información reportada en el Mapa Geotécnico de Bogotá para la zona de extracción de la muestra.

El geotextil no tejido presentó una mejora moderada, alcanzando un BCR de 1,21. Aunque incrementó la capacidad portante y redujo los asentamientos, su menor rigidez limitó su desempeño como elemento de refuerzo estructural.

El geotextil tejido obtuvo uno de los mejores resultados experimentales, alcanzando un BCR de 2,13 y reduciendo un 80 % el recorrido del pistón bajo una carga constante, demostrando una elevada eficiencia como refuerzo.

La geomalla biaxial PET presentó el mayor valor de capacidad portante ($BCR = 2,14$). Sin embargo, la diferencia respecto al geotextil tejido fue mínima, indicando que ambos materiales ofrecen un comportamiento estructural muy similar para las condiciones evaluadas.

El análisis comparativo del BCR evidenció que la rigidez del geosintético tiene una influencia más significativa que el tipo de elemento utilizado, ya que los materiales con mayor resistencia a la tracción (geomalla y geotextil tejido) fueron los que generaron los mayores incrementos en capacidad portante.

Referencias

Adams, M. T., & Collin, J. G. (1997). *Large model spread footing load tests on geosynthetic reinforced soil foundations. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. Obtenido de Large model spread footing load tests on geosynthetic

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

-
- reinforced soil foundations. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(1997\)123:1\(66\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(1997)123:1(66))
- Akinmusuru, Joe O., Akinbolade, Jones A. (1981). Stability of Loaded Footings on Reinforced Soil. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 819-827.
- Ali Meksi, Mohamed Sadoun, Youzera Hadj, Khaled Benmahdi, Otbi Bounguenina. (2024). Experimental Study of the Mechanical Behavior of Dam Sediment Reinforced by Geotextiles and Geogrids. *Military Technical Courier (Vojnotehnički glasnik)*, 855-868.
- Altun, S. A. (2008). Liquefaction Resistance of Sand Reinforced with Geosynthetics. *Geosynthetics International*, 322-332.
- ASTM INTERNATIONAL. (2018). *Metodos de prueba estandar para limite plastico, limite liquido e indice de plasticidad de los suelos*. Obtenido de Metodos de prueba estandar para limite plastico, limite liquido e indice de plasticidad de los suelos: <https://store.astm.org/d4318-17e01.html>
- ASTM INTERNATIONAL. (2021). *Standard test method for practice-size distribution (Gradation) of fine-grained soils using the sedimentation (Hydrometer) analysis*. Obtenido de ASTM INTERNATIONAL: <https://www.globalgilson.com/blog/soil-hydrometer-analysis>
- ASTM INTERNATIONAL. (2025). *Práctica Estándar Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)*. Obtenido de Práctica Estándar Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS: <https://store.astm.org/d2487-17e01.html>
- Bergado, D. T., Youwai, S., Hai, C. N., & Voottipruex, P. (2001). Interaction of Nonwoven Needle-Punched Geotextiles under Axisymmetric Loading Conditions. *Geotextiles and Geomembranes*, 299-328.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920 2329927	Anderson Cano Martínez María José Colorado Agudelo	01	30-06-2026

- Binquet & Lee. (1975). *Bearing capacity tests on reinforced earth slabs. Journal of the Geotechnical Engineering Division*. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/AJGEB6.0000219>
- Chatrabhuj, C., & Meshram, K. (2024). Use of Geosynthetic Materials as Soil Reinforcement: An Alternative Eco-Friendly Construction Material. *Discover Civil Engineering*, 41.
- Das, Braja M., Shin, D. H., Shin, E. C. (2000). Bearing Capacity of Shallow Strip Foundation on Geogrid-Reinforced Sand. *EuroGeo 2 - Second European Geosynthetics Conference* (págs. 1-8). Bologna: International Geosynthetics Society (IGS).
- Espinoza, D., & Bray, J. D. (1995). An Integrated Approach to Evaluating Single-Layer Reinforced Soils. *Geosynthetics International*, 723-744.
- Huang, C. C. (1990). Bearing Capacity of Reinforced Horizontal Sandy Ground. *Geotextiles and Geomembranes*, 51-82.
- Lizeth Ardila & Emília Andrade, A. M. (2024). Geosintéticos como solución sostenible para el desarrollo de infraestructura civil . *17th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE) and 2nd Latin-American Regional Conference of the International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG)* (pág. 2024). La Serena, Chile: International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).
- Michalowski. (2004). *Limit loads on reinforced foundation soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. Obtenido de Limit loads on reinforced foundation soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2004\)130:4\(381\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:4(381))
- Milligan & Love. (1984). *Model testing of geogrids beneath an aggregate layer on soft ground. En Proceedings of the Symposium on Polymer Grid Reinforcement in Civil Engineering*. Londres. Obtenido de Model testing of geogrids beneath an aggregate layer on soft ground. *En Proceedings of the Symposium on Polymer Grid Reinforcement in Civil Engineering*.

CÓDIGO:	NOMBRE:	VERSIÓN	FECHA EMISIÓN
2326920	Anderson Cano Martínez	01	30-06-2026
2329927	María José Colorado Agudelo		

Ortiz Zúñiga, N. E., & Quintero Pérez, E. J. (2020). *Uso de geosintéticos para el mejoramiento de la capacidad portante de suelos bajo cimentaciones superficiales*. Cartagena: Universidad de Cartagena.

Servicio Geologico Colombiano. (2010). *Cartografia Geocientifica*. Obtenido de Servicio Geologico Colombiano:
<https://recordcenter.sgc.gov.co/B14/23008010024691/mapa/pdf/2105246911300002.pdf>

Sitharam & Sireesh . (2004). *Behavior of embedded footing on geogrid-reinforced sand beds. Ground Improvement*. Obtenido de Behavior of embedded footing on geogrid-reinforced sand beds. Ground Improvement:
<https://doi.org/10.1680/grim.2004.8.2.69>