

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0258>

MAPIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS NATURALES EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ PARA LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS

MAPPING THE RESISTANCE OF NATURAL SOILS ON THE GROUNDS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF MANABÍ FOR PAVEMENT DESIGNS

Cevallos Katerin ¹; Hernández Cristian ²; Macías Lucía ³

¹ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: katerin.cevallos@utm.edu.ec.

² Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: cristian.hernandez@utm.edu.ec.

³ Departamento de Construcciones Civiles, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: lucia.macias@utm.edu.ec.

Resumen

El comportamiento del suelo es un factor determinante en el diseño y construcción de infraestructuras, ya que influye en su estabilidad y capacidad portante. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo mapificar la resistencia del suelo en los predios de la Universidad Técnica de Manabí mediante ensayos geotécnicos clave, como granulometría, límites de Atterberg, índice de plasticidad, contenido de agua y penetración dinámica (DCP), bajo las normas SUCS y AASHTO. La metodología incluyó el análisis de 17 calicatas distribuidas en el campus, donde se aplicó el método de interpolación Kriging para generar mapas georreferenciados del índice CBR, clasificación SUCS y plasticidad del suelo. Los valores de CBR, obtenidos a partir del ensayo DCP y fórmulas empíricas, oscilaron entre 1,38 % y 39,01 %, destacando las calicatas 2 y 4 por su alta capacidad portante, mientras que las calicatas 14 y 17 presentaron suelos con baja resistencia. En la clasificación SUCS, predominó el tipo CH (arcillas de alta plasticidad), lo que indica la presencia de suelos expansivos con alta susceptibilidad a variaciones de humedad. Los resultados evidencian la necesidad de estrategias de estabilización en zonas con baja capacidad portante y alta plasticidad. Finalmente, los mapas georreferenciados generados constituyen una herramienta valiosa para la planificación de futuras obras viales.

Palabras clave: mapificación, suelo, construcción, obras viales.

Abstract

Soil behavior is a crucial factor in infrastructure design and construction, as it directly influences stability and load-bearing capacity. In this context, this study aimed to map soil resistance in the premises of the Universidad Técnica de Manabí through key geotechnical tests, including granulometry, Atterberg limits, plasticity index, water content, and dynamic cone penetration (DCP), following SUCS and AASHTO standards. The methodology involved analyzing 17 test pits distributed across the campus, applying the Kriging interpolation method to generate georeferenced maps of the CBR index, SUCS classification, and soil plasticity. The CBR values, obtained from the DCP test and empirical formulas, ranged from 1.38% to 39.01%, with test pits 2 and 4 exhibiting high load-bearing capacity, whereas test pits 14 and 17 presented weak soils. According to the SUCS classification, the predominant soil type was CH (high-plasticity clays), with plasticity indices ranging from 15.28% to 76.47%, indicating the presence of expansive soils highly susceptible to moisture variations. The results highlight the need for stabilization strategies in areas with low load-bearing capacity and high plasticity. Finally, the generated georeferenced

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 12 de enero de 2025.

Fecha de aceptación: 31 de marzo de 2025.

Fecha de publicación: 10 de abril de 2025.



maps serve as a valuable tool for planning future road and structural projects, optimizing the design of safe infrastructures.

Keywords: mapping, land, construction, road works.

1. Introducción

El levantamiento topográfico y la caracterización del suelo, esenciales para diseñar infraestructuras seguras y sostenibles, han sido explorados por Lozada (2022), quien determinó los espesores adecuados para capas de pavimento mediante ensayos CBR y el análisis de la subrasante, resaltando la importancia de los estudios de campo para establecer parámetros técnicos (Vera et al, 2019). Asimismo, Galdámez (2021) analizó la influencia de las propiedades geotécnicas y la permeabilidad del suelo en la mitigación de inundaciones urbanas, evidenciando que los sistemas de infiltración pueden aliviar el impacto de lluvias intensas. De manera complementaria, León (2020) demostró cómo el nivel freático influye negativamente en la capacidad portante del suelo, estableciendo una relación inversa entre la profundidad del nivel freático

y la capacidad estructural del suelo, según la teoría de Terzaghi.

Por otra parte, Hernández y Torres (2021) realizaron una zonificación de suelos en función de su capacidad de carga, identificando zonas aptas para la expansión urbana. Solís (2016) comparó métodos topográficos, concluyendo que la fotogrametría puede ser una alternativa eficiente en términos de costo y tiempo para estudios preliminares.

Villalobos, F. (2023) destaca la importancia de las imágenes satelitales útiles para determinar cambios en el tiempo y detectar elemento de interés. En las recomendaciones que se da para realizar ensayos de profundidad destaca la importancia de usar mapas a gran escala y mapas de exploración geotécnica.

Regueiro M, Regueiro M,(2022) afirma que un mapa es la interpretación de la información que se tiene y además

se puede ir añadiendo información en su estudio sobre la cartografía geológica señala como la representación de diferentes tipos de materiales sedimentos o rocas y al conocer el material podemos determinar sus características y eficientemente usarlas para un proyecto o determinar ventajas o desventajas que aporten a un proyecto

Fernández (2021) estudia la optimización de operaciones de movimiento de tierras en proyectos de construcción vial, proponiendo un modelo de programación matemática para minimizar costos y mejorar la asignación de materiales y equipos. Su modelo, validado en un caso real de construcción de carreteras, demuestra la eficiencia de la optimización computacional en la planificación de obras de infraestructura. Estos antecedentes evidencian la relevancia del análisis del suelo en diferentes disciplinas, desde la agricultura hasta la conservación del patrimonio y la optimización de procesos constructivos.

Finalmente, Morales y Hernández (2023) y Cascón et al. (2018)

resaltaron la relevancia de los Sistemas de Información Geográfica en la gestión y análisis de datos georreferenciados, los cuales son fundamentales para una adecuada planificación territorial. Estos antecedentes proveen un marco teórico robusto que sustenta la necesidad de evaluar la capacidad portante de los suelos bajo condiciones específicas de humedad y el uso de materiales sostenibles.

La investigación enfatiza la importancia de caracterizar adecuadamente los suelos naturales en los predios de la Universidad Técnica de Manabí, ya que este proceso es esencial para el diseño y construcción de obras civiles, especialmente en la planificación de pavimentos. La resistencia del suelo es un factor crítico en la ingeniería civil, dado que determina la estabilidad y durabilidad de las estructuras frente a cargas y deformaciones. Comprender el comportamiento del suelo permite mitigar riesgos de fallos estructurales, asentamientos diferenciales y agrietamientos, asegurando así la seguridad y funcionalidad de los proyectos.

Además, la georreferencia de los mapas desempeña un papel crucial al proporcionar una representación precisa de la distribución espacial de las propiedades del suelo, lo que optimiza la planificación y ejecución de obras. La utilización de sistemas como la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) y el sistema de coordenadas geográficas WGS84 en la Zona 17 Sur garantiza que la información sea accesible y utilizable para futuras intervenciones en la infraestructura.

El presente estudio tiene como objetivo mapificar la resistencia del suelo en el campus universitario mediante ensayos geotécnicos clave: granulometría, límites de Atterberg, índice de plasticidad y contenido de agua, bajo las normas SUCS y AASHTO. Asimismo, se aplicó el ensayo de penetración dinámica (DCP) para estimar el Índice CBR (California Bearing Ratio) a partir de fórmulas establecidas. Estos ensayos permitieron evaluar la resistencia del suelo a distintas profundidades, asegurando que los resultados sean representativos del suelo natural, libre de contaminantes.

El estudio culmina con la elaboración de tres mapas georreferenciados: uno que muestra la resistencia del suelo a través del índice CBR, otro que clasifica los tipos de suelo presentes y otro mostrando los índices de plasticidad. Estos mapas constituyen una herramienta visual fundamental para la planificación de futuras obras viales en la Universidad Técnica de Manabí, proporcionando datos técnicos valiosos tanto para la institución como para la comunidad científica. En un sentido más amplio, el estudio contribuye al desarrollo del conocimiento geotécnico local, facilitando la toma de decisiones informadas en proyectos de infraestructura y fomentando nuevas investigaciones en la región.

2. Metodología

La presente investigación fue de tipo descriptiva y aplicada, ya que tuvo como objetivo principal mapificar y caracterizar la resistencia de los suelos naturales en los predios de la Universidad Técnica de Manabí. Se consideró descriptiva porque buscó identificar y detallar las propiedades geotécnicas de los suelos a través de ensayos específicos como

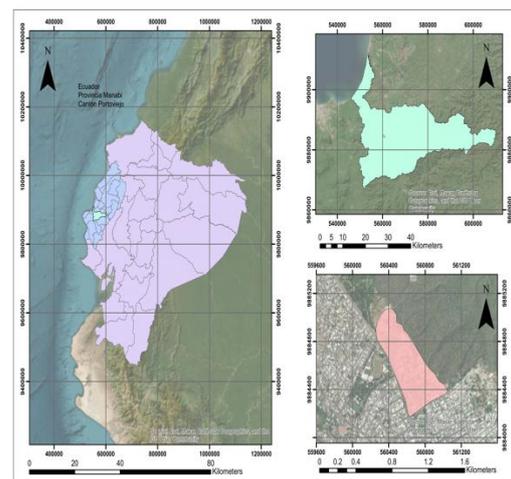
granulometría, límites de Atterberg, contenido de agua, ensayo CBR, DCP entre otros, proporcionando un análisis detallado de las características y comportamiento del terreno.

Asimismo, es de tipo aplicada porque los resultados obtenidos fueron utilizados para la elaboración de mapas georreferenciados que servirán como una herramienta práctica para la planificación y desarrollo de futuros proyectos de infraestructura dentro del campus universitario. Esta aplicación práctica de los resultados garantizó que la investigación tenga un impacto directo y tangible en la toma de decisiones para el uso y manejo del suelo en los predios de la universidad.

En cuanto al enfoque, la investigación es de tipo cuantitativa, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos de los ensayos geotécnicos realizados en el laboratorio. Estos datos fueron procesados y representados en los mapas, permitiendo una interpretación precisa y objetiva de la resistencia y clasificación de los

suelos en la zona de estudio. La investigación abarcó la totalidad de los suelos naturales presentes en los predios de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en Portoviejo, provincia de Manabí como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio



La extensión total del campus universitario abarca una amplia variedad de suelos con diferentes características geotécnicas, lo que hace necesario identificar y analizar las propiedades de los suelos que componen esta área específica.

Para la selección de la muestra, se llevaron a cabo un total de 17 calicatas distribuidas estratégicamente en los predios universitarios. Estas calicatas permitieron la obtención de muestras de suelo a profundidades de 0.50 a

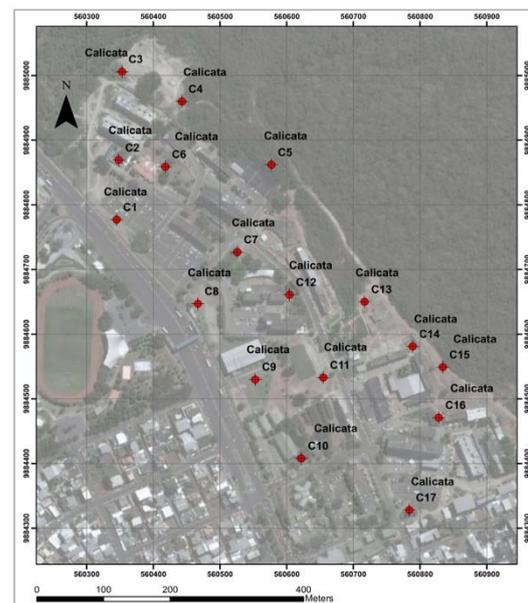
1.50 m, asegurando un análisis detallado de la resistencia y características del suelo en diversos estratos. La ubicación de cada calicata fue seleccionada para abarcar áreas representativas del terreno y para reflejar la diversidad de los suelos presentes en el campus. En la tabla 1 se pueden apreciar las coordenadas de los puntos utilizados en la muestra de estudio.

Tabla 1: Ubicación de los puntos de muestreo

Calicata	Norte	Este	Cota
C1	9884777	560345	47,00
C2	9884869	560348	47,00
C3	9885006	560353	67,00
C4	9884960	560443	65,00
C5	9884862	560577	69,00
C6	9884859	560418	55,00
C7	9884727	560526	64,00
C8	9884647	560467	52,00
C9	9884530	560553	47,00
C10	9884408	560622	64,00
C11	9884533	560655	64,00
C12	9884661	560604	63,00
C13	9884650	560717	72,00
C14	9884581	560789	63,00
C15	9884549	560834	69,00
C16	9884471	560828	62,00
C17	9884328	560784	56,00

El tipo de muestreo empleado fue un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que la selección de los puntos para la realización de las calicatas se basó en la accesibilidad, representatividad y características geotécnicas del terreno (fig. 2). Se priorizaron las áreas de mayor relevancia para futuros proyectos de infraestructura y aquellas que presentaron variaciones significativas en la topografía y composición del suelo. Este enfoque permitió obtener una muestra que refleja adecuadamente la diversidad de los suelos presentes en los predios de la universidad, asegurando así la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos en la investigación.

Figura 2. Ubicación de las calicatas distribuidas en el área de estudio.



El diseño de la presente investigación es de tipo no experimental y transversal. Es no experimental porque no se manipulan las variables del estudio, es decir, se observan y analizan las características y propiedades de los suelos naturales tal como se encuentran en su entorno natural, sin intervenir en su estructura o composición. El objetivo es describir y mapificar la resistencia de los suelos basándose en los resultados obtenidos de los ensayos geotécnicos.

Además, el diseño es transversal ya que la recolección de datos se llevó a cabo en un único momento en el tiempo, permitiendo obtener una visión del estado actual de los suelos en los predios de la Universidad Técnica de Manabí. Esto implica que los datos obtenidos representan las condiciones de los suelos durante el periodo en que se realizó el estudio, y no se consideraron variaciones temporales.

Para la recolección, procesamiento y análisis de datos en esta investigación, se emplearon una serie de métodos, técnicas e instrumentos específicos, orientados

a obtener información precisa sobre la resistencia y características de los suelos en los predios de la Universidad Técnica de Manabí.

Se utilizó el método de observación directa y sistemática mediante la apertura de 17 calicatas distribuidas en los predios universitarios. Estas calicatas permitieron la extracción de muestras de suelo en diferentes profundidades, lo que facilitó la recolección de datos sobre las características físicas y mecánicas de los suelos. El método de observación directa garantizó que las muestras fueran representativas de las condiciones reales del terreno, mientras que la sistematización de los procedimientos aseguró la uniformidad en la obtención de datos.

Para la obtención de los datos, se emplearon las siguientes técnicas:

- Ensayos de laboratorio geotécnico: Las muestras de suelo extraídas fueron sometidas a diversos ensayos, tales como granulometría, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), índice de plasticidad, contenido de

agua, clasificación de suelos (según los sistemas SUCS, AASHTO), ensayo Proctor modificado, CBR (California Bearing Ratio) y DCP. Las normas utilizadas para la ejecución de los ensayos ya mencionadas se ilustran en la tabla 2. Estos ensayos permitieron caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y determinar su resistencia y capacidad de soporte.

- Georreferenciación: Se utilizó un sistema de coordenadas geográficas WGS84 - Zona 17 Sur y el sistema de proyección UTM para ubicar con precisión los puntos de muestreo y para el desarrollo de los mapas georreferenciados, facilitando así la representación espacial de los datos obtenidos.

Tabla 2. Normas usadas para los estudios

Ensayo	Normativa
Granulometría	ASTM D-422
Límites de Atterberg	ASTM D-4318
Clasificación AASHTO	ASTM D-3282
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Proctor	AASHTO T-480
Ensayo DCP	ASTM D6951-03

El procesamiento incluyó la interpretación de resultados de los

ensayos y la integración de la información en un entorno geoespacial para la generación de los mapas de resistencia y clasificación de los suelos utilizando el software ArcGIS para el mapeo de los resultados. Este enfoque permitió una representación visual clara y detallada de las propiedades del terreno, facilitando la identificación de las áreas con diferentes niveles de resistencia y características de los suelos en los predios de la Universidad Técnica de Manabí.

El análisis de la capacidad portante de los suelos y su representación mediante mapas constituye una herramienta fundamental para orientar al constructor sobre cómo las propiedades del suelo influyen en las obras civiles. Estos mapas proporcionan una visión general que permite identificar las zonas más adecuadas para la construcción, facilitando la toma de decisiones en cuanto a diseño y ejecución de proyectos de infraestructura. Determinar la resistencia del suelo es crucial, ya que su capacidad para soportar cargas influye directamente en la estabilidad y durabilidad de las estructuras. La adecuada

caracterización del suelo no solo previene fallos estructurales, sino que también optimiza el uso de materiales y recursos, promoviendo una construcción más eficiente y sostenible.

En lo que respecta a la metodología empleada, la generación de los mapas se realizó mediante el método de interpolación Kriging, ampliamente reconocido por su precisión en la estimación de valores en puntos no muestreados a partir de datos georreferenciados. Este método utiliza una función de variogramas que permite modelar la dependencia espacial entre los puntos de muestreo, garantizando que las predicciones sean lo más exactas posible. La elección del Kriging como método de interpolación asegura una representación fiel de la variabilidad espacial de la capacidad portante del suelo, proporcionando al constructor una herramienta valiosa para la planificación y ejecución de obras civiles en condiciones de seguridad y estabilidad adecuadas. La combinación de estas técnicas permitió obtener un mapeo detallado de la capacidad portante del suelo, proporcionando información clave

para la planificación y ejecución de futuras obras viales y estructurales dentro de la Universidad Técnica de Manabí.

Para la determinación de la capacidad portante del suelo, se empleó el ensayo de penetración dinámica (DCP), el cual permite estimar el índice CBR a partir de correlaciones empíricas establecidas en la literatura geotécnica. La ecuación utilizada para la conversión de los valores del DCP al índice CBR es la siguiente:

$$CBR = 292 / (DCP)^{1.12}$$

Donde:

- CBR es el índice de capacidad de soporte de California en porcentaje.
- DCP es la tasa de penetración del cono en mm/golpe.

Esta ecuación permite estimar la resistencia del suelo a partir de la cantidad de golpes necesarios para una determinada penetración, relacionando así los resultados del ensayo con el comportamiento del material bajo carga.

Para suelos tipo CL, con CBR menores al 10% se utilizó la fórmula

propuesta por Webster S.L. et al (1994).

$$CBR = \frac{1}{(0.017019 * DCP)^2}$$

Y para suelos tipo CH, se hizo uso de la fórmula propuesta por Webster S.L. et al (1994).

$$CBR = \frac{1}{0.002871 * DCP}$$

3. Resultados y discusión

Los resultados granulométricos reflejan que en todas las calicatas no se identificó la presencia de grava, lo que indica que los suelos están constituidos por fracciones más finas. Esta ausencia sugiere un predominio de materiales como arena y partículas menores, lo que influye directamente en la cohesión del suelo y en su comportamiento mecánico frente a cargas estructurales. Esta característica puede tener un impacto considerable en la capacidad portante de los suelos analizados, especialmente en zonas donde la granulometría fina predomina.

En cuanto a la composición arenosa, se observan variaciones importantes, con valores que oscilan entre 1,27 % y 44,63 %. Las

calicatas 2, 8 y 16.2 destacan por presentar los mayores contenidos de arena, lo cual indica que en estas zonas específicas el suelo posee mejores propiedades de drenaje y menor cohesión en comparación con aquellas donde los valores de arena son más bajos. La presencia de mayores porcentajes de arena podría sugerir una mejor resistencia al corte, aunque una menor capacidad para retener agua.

Por otro lado, en las calicatas con mayor proporción de finos, como las 1, 4.2, 11, 12.2, 14, 15, 16.1, donde los valores superan el 90 %, se evidencian suelos altamente cohesivos y con una mayor capacidad para retener humedad. Estos suelos, al estar compuestos mayoritariamente por limos de alta plasticidad y arcillas, tienden a ser menos permeables, lo que los hace más propensos a problemas como expansiones y contracciones. Este comportamiento podría ser crítico en el diseño de infraestructuras civiles, ya que requiere consideraciones específicas para evitar asentamientos diferenciales y otros problemas estructurales.

La variación de la humedad natural en los suelos estudiados es notable,

fluctuando entre el 11,16 % y el 33,07 %. Las calicatas 1, 2 y 3.2 registran los niveles más altos, lo que sugiere que estas zonas están compuestas por suelos con una mayor proporción de partículas finas, capaces de retener agua con mayor eficacia. Esta capacidad de retención puede atribuirse a la alta cohesión característica de los suelos limosos o arcillosos.

Por otro lado, las calicatas 5, 12.1 y 13, que presentan los niveles más bajos de humedad natural, apuntan a la presencia de suelos menos cohesivos o con un mejor sistema de drenaje. Estos resultados podrían indicar una mayor cantidad de partículas arenosas o una menor compactación, lo que permitiría una rápida infiltración del agua y una menor capacidad de retención hídrica. Este tipo de suelo, aunque más permeable, podría ser más susceptible a la erosión superficial.

Asimismo, la distribución heterogénea de los valores de humedad en las distintas calicatas evidencia la influencia de factores locales, como la topografía, la profundidad del nivel freático y las

características del material subyacente.

Los resultados del límite líquido muestran una considerable variabilidad. La Calicata 15 se distingue por su valor excepcionalmente alto, lo que sugiere una gran capacidad para retener agua antes de cambiar a un estado líquido, característica típica de suelos muy cohesivos como las arcillas de alta plasticidad. Este comportamiento indica una mayor susceptibilidad a deformaciones bajo condiciones de humedad elevada.

En cuanto al límite plástico, los valores registrados oscilan entre el 18,21 % y el 30,88 %, siendo la mayoría de las calicatas consistentes en torno al 25 %. Esto evidencia que los suelos presentan una plasticidad moderada, es decir, poseen una capacidad de deformarse sin fracturarse en un rango específico de humedad. Los suelos con un límite plástico más alto, como los observados en las calicatas 8 y 13, suelen ser más estables cuando están secos, pero pueden volverse problemáticos en condiciones húmedas.

La relación entre ambos parámetros permite deducir el índice de plasticidad, un indicador clave para evaluar la trabajabilidad y estabilidad de los suelos.

Los resultados del índice de plasticidad evidencian una variación notable, comprobando también que la Calicata 15 destaca por su índice excepcionalmente elevado, lo que sugiere un suelo con alta capacidad de deformación, susceptible a cambios significativos en volumen bajo variaciones de humedad. Este valor denota una alta plasticidad, común en arcillas expansivas que pueden generar problemas estructurales si no se manejan adecuadamente.

En general, la mayoría de las calicatas muestran índices de plasticidad superiores al 20 %, lo cual indica suelos con características de plasticidad media a alta. Dichos suelos tienden a ser más difíciles de trabajar y presentan mayor riesgo de expansión o contracción, lo que podría influir negativamente en la estabilidad de estructuras construidas sobre ellos. La presencia de estos índices elevados sugiere que el diseño de las obras debe incluir estrategias de mitigación para

minimizar los efectos de estos cambios volumétricos.

Además, los valores más bajos, como los registrados en las calicatas 3.1 y 5, indican suelos con menor capacidad expansiva, lo que podría ofrecer condiciones más favorables para la construcción. Sin embargo, los suelos con índices más altos, como en las calicatas 10 y 16.1, requieren un control exhaustivo de la humedad y posibles tratamientos para estabilizarlos, asegurando que las variaciones de humedad no comprometan la integridad estructural.

Los resultados del CBR, calculados a partir de los valores obtenidos mediante el ensayo de penetración dinámica (DCP) y fórmulas empíricas establecidas, presentan una amplia dispersión, con valores que varían entre 1,38 % y 39,01 %. Las calicatas 2 y 4 destacan por registrar los valores más elevados, 39,01 % y 34,83 %, respectivamente, lo que evidencia una mejor capacidad portante en comparación con las demás. Este comportamiento puede atribuirse a factores como una menor proporción de partículas finas o una mayor compactación natural del suelo, lo que favorece su

desempeño estructural sin necesidad de tratamiento adicional.

En contraste, las calicatas 14 y 17 presentan los valores más bajos, con 2,21 % y 1,38 %, respectivamente. Estos resultados indican suelos con una capacidad portante muy reducida, lo que podría limitar su uso para infraestructuras sin un tratamiento previo, como estabilización mecánica o química, con el fin de mejorar sus propiedades geotécnicas.

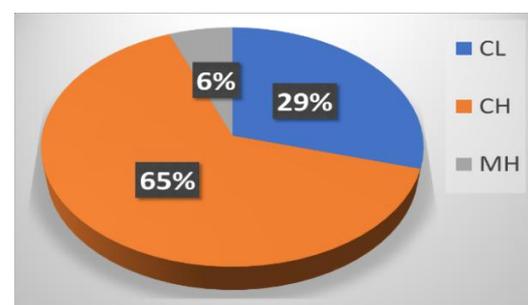
Los valores de CBR entre 10 % y 20 %, presentes en varias calicatas, indican suelos con resistencia moderada, adecuados para soportar cargas livianas o con requisitos de compactación controlada. Sin embargo, valores superiores al 20 %, como los registrados en diversas zonas del campus, corresponden a suelos con buena capacidad portante, lo que reduce la necesidad de mejoramiento previo para proyectos de infraestructura de carga media a alta.

En la tabla 3 encontramos todos los resultados anteriormente descritos de las 17 calicatas, considerando la granulometría, los límites de

attemberg, índice de plasticidad, DCP y su respectiva clasificación de suelo.

En la clasificación SUCS, la mayoría de las calicatas se agrupan como arcillas de alta plasticidad (CH), lo que evidencia una composición predominante de suelos cohesivos y con alto potencial de expansión. Este comportamiento es consistente con los resultados de los límites de plasticidad y el índice de plasticidad, que indican una elevada capacidad de retención de agua y deformación. Solo unas pocas calicatas, como la 1,5, 6, 14, y 17, se clasifican como arcillas de baja plasticidad (CL), y una como limo de alta plasticidad (MH), lo que sugiere variaciones locales en las propiedades del suelo.

Figura 3. Clasificación de los Suelos (SUCS)



En la clasificación AASHTO, la mayoría de los suelos se agrupan en la categoría A-7-6, una clasificación

típica de suelos arcillosos y limosos con baja capacidad portante y alta plasticidad. Esta clasificación refuerza los resultados de CBR, que muestran suelos con resistencia reducida al corte. Las pocas muestras clasificadas como A-6, como la calicata 9, indican suelos con menor plasticidad y posiblemente una mayor estabilidad relativa, aunque siguen siendo suelos de baja calidad para fines de construcción sin tratamiento previo.

Ambas clasificaciones coinciden en señalar la predominancia de suelos con características poco favorables para el soporte de cargas estructurales, lo que sugiere que cualquier proyecto de infraestructura en estas zonas requerirá técnicas de estabilización. La alta proporción de suelos CH y A-7-6 refleja un panorama general de suelos cohesivos con baja capacidad portante, lo que confirma la necesidad de un enfoque cuidadoso en el diseño y la ejecución de obras civiles en estas áreas.

Figura 4. Clasificación de los Suelos (AASHTO)

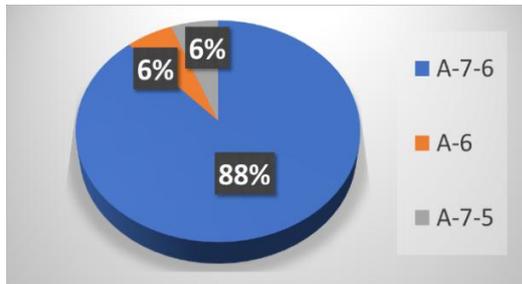


Tabla 3. Resumen de resultados

CALICATA #	GRANULOMETRÍA			HUMEDAD NATURAL (W%)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PROCTOR MODIFICADO		CBR (DCP)	CLASIFICACIÓN	
	% Grava	% Arena	% Finos					DENSIDAD MAX.SECA	% HUMEDAD		SUCS	AASHTO
1	0.00	7.00	93.00	33.07	46.78	23.74	23.04			10.52	CL	A-7-6
2	0.00	44.63	55.37	27.05	54.77	26.94	27.83			39.01	CH	A-7-6
3.1	0.00	13.20	86.80	20.87	38.56	22.5	16.06			25.77	CH	A-7-6
3.2	0.00	10.00	90.00	26.57	51.14	26.28	24.58	1584 Kg/m3	13.50%			
4.1	0.00	20.69	79.31	19.62	56.58	27.47	29.11			34.83	CH	A-7-6
4.2	0.00	5.55	94.45	16.7	61	22.58	38.42					
5	0.00	11.45	88.55	11.16	34.15	18.87	15.28			20.06	CL	A-6
6.1	0.00	11.95	88.05	19.54	46.35	24.01	22.34			9.77	CL	A-7-6
6.2	0.00	8.56	91.44	25.89	43.66	23.2	20.46					

7	0.00	10.84	89.16	22.94	54.14	25.72	28.43			16.02	CH	A-7-6
8	0.00	32.44	67.56	25.02	56.19	30.88	25.31			12.99	MH	A-7-5
9	0.00	17.10	82.90	21.95	55.02	26.84	28.19	1380 Kg/m3	28.70%	20.20	CH	A-7-6
10	0.00	10.11	89.89	23.16	56.99	24.4	32.59			8.36	CH	A-7-6
11	0.00	6.49	93.51	21.92	60.07	27.19	32.88			20.20	CH	A-7-6
12.1	0.00	17.96	82.04	13.13	54.11	24.81	29.3			14.63	CH	A-7-6
12.2	0.00	7.95	92.05	17.39	54.2	27.29	26.91					
13	0.00	17.39	82.61	15.94	59.29	28.73	30.56			17.42	CH	A-7-6
14	0.00	9.70	90.30	21.16	45.58	18.21	27.37			2.21	CL	A-7-6
15	0.00	1.27	98.73	18.56	102.04	25.57	76.47			27.17	CH	A-7-6
16.1	0.00	9.62	90.38	25.32	58.76	25.87	35.89			12.54	CH	A-7-6
16.2	0.00	23.35	76.65	23	58.92	26.87	32.04					
17	0.00	18.40	81.60	19.99	46.08	22.49	23.58	1490 Kg/m3	28.80%	1.38	CL	A-7-6

El mapa georreferenciado elaborado a partir de la clasificación SUCS que se muestra en la figura.5, refleja una predominancia de suelos clasificados como arcillas de alta plasticidad (CH), distribuidos ampliamente por los predios de la Universidad Técnica de Manabí. Representados en color verde claro, estos suelos destacan por su elevada cohesión, alta capacidad de retención de agua y significativo potencial expansivo, lo que los convierte en un factor crítico para el diseño de estructuras y pavimentos.

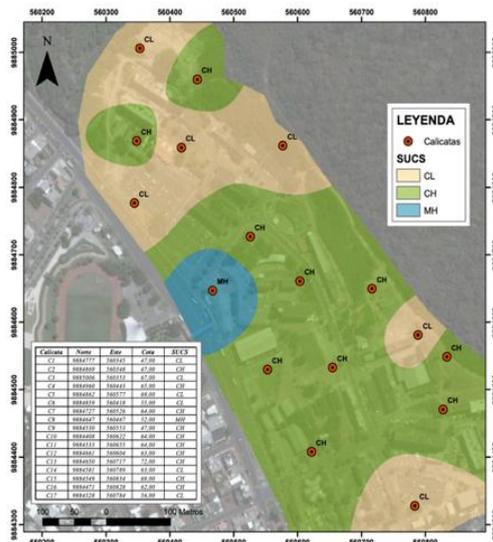
En contraste, algunas áreas puntuales, identificadas en color beige, corresponden a suelos clasificados como arcillas de baja plasticidad (CL). Estas zonas incluyen las calicatas 1, 3, 5, 6, 14 y

17, y presentan propiedades menos expansivas y relativamente más estables en términos de plasticidad, aunque siguen siendo suelos de comportamiento cohesivo.

Por último, una zona específica, representada en azul claro y correspondiente a la calicata C8, fue clasificada como limo de alta plasticidad (MH). Este tipo de suelo indica una composición particular con alto contenido de finos y una mayor susceptibilidad a la deformación bajo cambios en las condiciones de humedad. El mapa, en su conjunto, constituye una herramienta clave para identificar las características del suelo en diferentes áreas, facilitando una planificación más precisa para

proyectos de infraestructura en la región.

Figura 5. Mapificación de la clasificación de los suelos (SUCS)



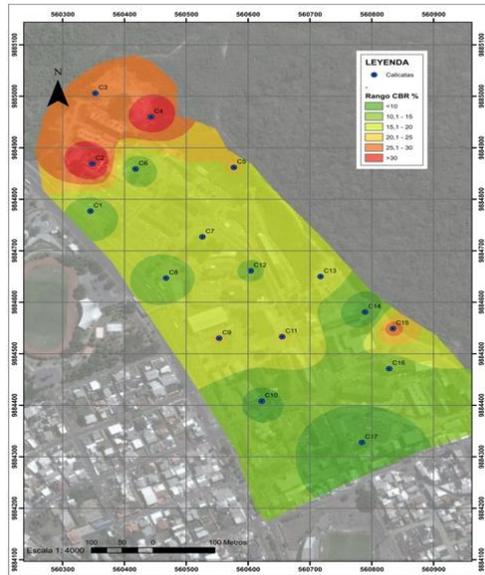
El mapa georreferenciado que refleja los valores de CBR en los suelos, mostrados en la figura.6, de la Universidad Técnica de Manabí muestra una marcada heterogeneidad en la capacidad portante del terreno. Las áreas representadas en rojo corresponden a las calicatas 2 y 4, que destacan con valores de 39,01 % y 34,83 %, respectivamente. Estas zonas, con capacidad portante significativamente mayor, son aptas para soportar cargas estructurales considerables, probablemente debido a una compactación más densa o menor proporción de partículas finas.

Por otro lado, las calicatas 14 y 17, representadas en verde oscuro, presentan los valores más bajos de CBR, con 2,21 % y 1,38 %, respectivamente. Estas zonas reflejan suelos con una capacidad portante limitada, lo que implica restricciones para su uso en estructuras sin un tratamiento previo que mejore sus propiedades geotécnicas, con uso restringido solo como subrasante.

La mayoría de las calicatas se agrupan en las categorías intermedias, representadas con tonalidades de verde claro, amarillo verdoso y amarillo, con valores de CBR entre 10 % y 20 %. Estos valores indican suelos de resistencia moderada, que pueden ser aptos para ciertas infraestructuras con compactación adecuada como para subbase. Asimismo, las zonas con CBR superior al 20 % reflejan una capacidad portante favorable para proyectos de mayor envergadura sin requerir estabilización adicional y con un posible uso para subbase o base. El mapa proporciona una herramienta visual integral para identificar zonas prioritarias y guiar decisiones en la ejecución de obras

viales e infraestructura en los predios universitarios.

Figura 6. Mapificación del CBR de los suelos



El mapa georeferenciado que representa los valores del índice de plasticidad, mostrado en la figura.7, en los suelos de la Universidad Técnica de Manabí revela una variación considerable en la capacidad de deformación de los terrenos evaluados. Las áreas destacadas en rosa pálido, como las correspondientes a las calicatas 4 y 15, reflejan índices superiores al 35 %, evidenciando una alta plasticidad. Estos suelos, típicamente arcillosos y expansivos, presentan un alto potencial de cambio volumétrico bajo variaciones de humedad, lo que

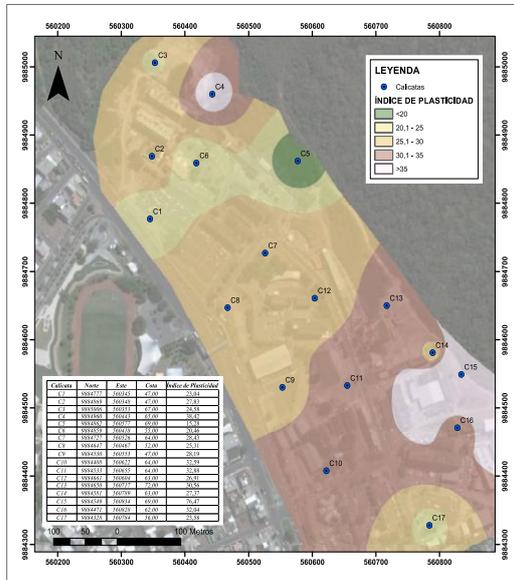
representa un desafío significativo para el diseño y la estabilidad de estructuras.

Las zonas representadas en naranja, rojo y amarillo, que agrupan la mayoría de las calicatas, muestran índices de plasticidad entre 20,1 % y 35 %. Estos valores indican suelos con plasticidad media a alta, caracterizados por una susceptibilidad moderada a los cambios volumétricos. Dichos terrenos requerirían un manejo adecuado de la humedad y posibles técnicas de estabilización para minimizar riesgos en futuras obras de infraestructura.

Finalmente, las áreas representadas en verde, que incluyen calicatas como la 3.1 y la 5, corresponden a los índices de plasticidad más bajos, con valores menores al 20 %. Estas zonas presentan condiciones más favorables para la construcción debido a su menor potencial expansivo, aunque su distribución limitada destaca la predominancia general de suelos con mayores restricciones. Este mapa es una herramienta clave para identificar áreas críticas y diseñar estrategias

de intervención específicas en los terrenos de la institución.

Figura 7. Mapificación del índice de plasticidad de los suelos



4. Conclusiones

El presente estudio permitió caracterizar los suelos presentes en los predios de la Universidad Técnica de Manabí mediante la aplicación de ensayos geotécnicos clave y la elaboración de mapas georreferenciados que reflejan la clasificación de los suelos y su resistencia medida a través del índice CBR.

En cuanto a la clasificación de suelos bajo el sistema SUCS, se identificó que la mayoría corresponde a arcillas de alta plasticidad (CH), con

un predominio significativo en las calicatas evaluadas.

Los valores del índice CBR oscilaron ampliamente entre 1,38 % y 39,01 %. Las áreas con valores superiores al 30 %, como las identificadas en las calicatas 2 y 4, presentan una capacidad portante favorable para futuras obras, reduciendo la necesidad de mejoramiento del suelo. Gran parte del terreno mostró valores entre 10 % y 20 %, lo que indica una resistencia moderada, adecuada para soportar cargas livianas o infraestructuras con compactación controlada. En contraste, las calicatas 14 y 17 presentaron los índices más bajos.

El análisis detallado del índice de plasticidad confirmó la prevalencia de suelos de plasticidad media a alta en la mayoría de las calicatas. Este comportamiento sugiere una considerable susceptibilidad de los suelos a cambios volumétricos asociados a variaciones de humedad, lo que podría comprometer la estabilidad de infraestructuras construidas sobre ellos.

La elaboración de los mapas georreferenciados permitió visualizar de manera efectiva la distribución

espacial de la resistencia del suelo y la clasificación de suelos, proporcionando una herramienta esencial para la planificación de obras viales en el campus universitario.

Bibliografía

- Cascón, J., Ruiz, A., & Quesada, A. (2018). Georreferenciación y publicación web de cartografía antigua en sistemas de información geográficos: requisitos para su evaluación y estudio de caso. *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 193–212.
<https://doi.org/10.5209/RGID.60810>
- Galdámez, E. (2021). CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DEL PARQUE EL CALVARIO, DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, PARA ANALIZAR LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE DISEÑAR UN SISTEMA DE INFILTRACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL.
<https://postgrado.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Hernandez, W. M., & Torres, H. L. (2021). Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca 2019. Universidad Privada Del Norte.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27749>
- Leon, Y. (2020). Influencia del nivel freático en la capacidad portante del suelo en la Urbanización el Golf Primera Etapa, distrito de Víctor Larco Herrera-Trujillo. Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50726>
- Lozada, P. (2022). Diseño geométrico y estructural de la vía de 5.3 km que une las comunidades Lushanta-ardilla Urku perteneciente a la parroquia San Pablo de Ushpayacu en el cantón Archidona de la provincia de Napo. Universidad Técnica de Ambato.
- Morales, G., & Hernández, F. (2023). Mapa georreferenciado para visualizar las capacidades investigativas, científicas y tecnológicas en Venezuela. *Observador Del Conocimiento*, 8.
<https://revistaoc.oncti.gob.ve/index.php/odc/article/view/171>
- Pinheiro, P. G., & Fernandes, S. (2021). Earthworks planning using optimization techniques: literature analysis and solution

- proposal.
<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/60836>
- Solis, O. (2016). Comparación de costos entre métodos convencional de medición topográfica con estación total y fotogrametría, para elaborar estudios de prefactibilidad en el diseño geométrico de carreteras.
- Villalobos, F. (2023) Ensayos geotécnicos in situ en profundidad, Google Libros. Available at:
<https://books.google.com.ec/books?id=Bpm-EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Regueiro, M. (2021). Para que sirve la geología. Catarata.
https://www.google.com.ec/books/edition/Para_qu%C3%A9_sirve_la_geolog%C3%ADa/NyuYEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=para+que+sirve+la+geologia&printsec=frontcover
- Vera, C. A. M., Delgado, J. R. G., Hernández, E. H. O., & Vínces, J. J. G. (2019). Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí.
- Webster, S. L., Grau, R. H., & Williams, T. P. (1992). Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer. Vicksburg, Mississippi: US Army Corps of Engineers, USAE Waterways Experiment Station, Geotechnical Laboratory.