



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Densificación de suelo en terreno flexibles para edificios: Una  
revisión de literatura**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Castro Cordova, Juan Jose (orcid.org/0000-0002-7741-4207)

Rosas Iparraguirre, Cristhian Gerardo (orcid.org/0000-0002-5164-8195)

**ASESOR:**

Mgr. Diaz García, Gonzalo Hugo (orcid.org/0000-0002-3441-8005)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2024

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DÍAZ GARCÍA GONZALO HUGO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Densificación de suelo en terreno flexibles para edificios: Una revisión de literatura", cuyos autores son CASTRO CORDOVA JUAN JOSE, ROSAS IPARRAGUIRRE CRISTHIAN GERARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 28 de Mayo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DÍAZ GARCÍA GONZALO HUGO DNI: 40539624 ORCID: 0000-0002-3441-8005	Firmado electrónicamente por: GH DIAZ el 11-06- 2024 17:29:05

Código documento Trilce: TRI - 0754648

# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CASTRO CORDOVA JUAN JOSE, ROSAS IPARRAGUIRRE CRISTHIAN GERARDO estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Densificación de suelo en terreno flexibles para edificios: Una revisión de literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ROSAS IPARRAGUIRRE CRISTHIAN GERARDO DNI: 47889878 ORCID: 0000-0002-5164-8195	Firmado electrónicamente por: CROSASIP el 13-06- 2024 07:40:41
CASTRO CORDOVA JUAN JOSE DNI: 74068295 ORCID: 0000-0002-7741-4207	Firmado electrónicamente por: JCASTROCO10 el 12- 06-2024 00:05:36

Código documento Trilce: INV - 1727217

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. METODOLOGÍA.....	11
III. RESULTADOS .....	13
IV. COCLUSIONES .....	17
REFERENCIAS .....	
ANEXOS .....	

## RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo revisar documentos científicos referente al tema de densificación de suelos en terrenos flexibles para edificios; así mismo, discutir sobre las tecnologías utilizadas para identificar los riesgos y procesos a realizar, el procedimiento correcto para hallar una buena cimentación resistente para la construcción de edificios. Esta revisión de literatura implicó seleccionar documentos científicos indexados en las bases de datos de Redalyc, ScienceDirect, ProQuest, SciELO y Ciencia Catalina; dentro del año del 2018 hasta 2023 tomando términos en inglés como: “Comparative study of soil evaluation in Iquitos using weather vane and DPL, Geotechnical mapping of the subsoil of lucas do rio verde - mt based on dpl and spt tests”.

Los resultados muestran la clasificación de suelos y la densificación de suelos en lo cual va influir para los terrenos flexibles y su respuesta estructural de los edificios, se indica que existen ensayos para determinar los datos a necesitar para una correcta cimentación y capacidad portante del terreno, como lo cual es el ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) que de acuerdo a la cantidad de número de golpes se obtendrá el ángulo de fricción y la densidad relativa del terreno.

**Palabras clave:** Densificación de suelos, edificios, ensayos DPL.

## **ABSTRACT**

The objective of this article is to review scientific documents referring to the topic of soil densification in flexible terrain for buildings; Likewise, discuss the technologies used to identify the risks and processes to be carried out, the correct procedure to find a good resistant foundation for the construction of buildings. This literature review involved selecting scientific documents indexed in the Redalyc, ScienceDirect, ProQuest, SciELO and Ciencia Catalina databases; within the year from 2018 to 2023 taking terms in English such as: "Comparative study of soil evaluation in Iquitos using weather vane and DPL, Geotechnical mapping of the subsoil of Lucas do Rio Verde - MT based on DPL and SPT tests".

The results show the classification of soils and the densification of soils which will influence flexible soils and their structural response of building. It is indicated that there are tests to determine the data needed for a correct foundation and load-bearing capacity of the soil, such as the Dynamic Light Penetration (DPL) test that, according to the number of blows, the friction angle and the relative density of the ground will be obtained.

**Keywords:** Soil Densification, buildings, DPL tests.

## I. INTRODUCCIÓN

El sector constructivo hoy en día está en constante evolución y cuando nos referimos a densificación de suelos para ver su influencia en la construcción y sobre todo en el comportamiento estructural de un edificio es un tema muy amplio el cual abarca una realidad problemática muy grande, sobre todo cuando nos referimos a los tipos de suelos en los cuales uno se encuentra al momento de construir una edificación.

La densificación del suelo es un fenómeno que ocurre en la superficie del suelo, lo que resulta en una disminución en el índice de vacío cuando se libera aire de los poros entre las partículas del suelo sobre la superficie, lo que resulta en la compactación del suelo debajo del suelo.

Los desastres relacionados con los terremotos han causado enormes pérdidas a la humanidad a lo largo de la historia, tanto en términos de vida como de economía. Un análisis de los 10 desastres naturales que causaron las mayores pérdidas económicas en los últimos 25 años muestra que seis terremotos (y tsunamis inducidos por terremotos) causaron daños por 497 mil millones de dólares, o el 62% de los 771 mil millones de dólares en daños totales. USD generados por los 10 desastres anteriores.

La densificación del suelo va a influir de gran impacto a los edificios con respecto a la clasificación de suelo en la cual nos vayamos a encontrar ya sea como por ejemplo una ciudad con un tipo de suelo que representa una capacidad de carga admisible baja y media.

Es por ello que la pregunta general que nos motiva a realizar este artículo de revisión es ¿Cómo va influir la densificación del suelo en terrenos flexibles para edificios? Y como preguntas específicas: ¿Qué ensayos se deben realizar debidamente para poder mejorar un suelo?, ¿Cuál es el procedimiento para obtener un suelo mejorado? y ¿Cuál sería los tipos de suelos aceptables para poder construir edificios?

El presente artículo de revisión, se justifica teóricamente porque se recopila información de diferentes autores sobre densificación de suelos en terrenos

flexibles para edificios con la finalidad de generar discusión sobre el tema lo cual permitirá contrastar los resultados obtenidos en las investigaciones; también, este artículo se justifica de manera práctica porque permite obtener nuevas ideas en los materiales de reemplazo en el terreno como lo es un afirmado con mayor cantidad de finos para resolver la problemática de la disminución de finos y la baja densidad relativa y ángulo de fricción del terreno y aportando de manera positiva a la respuesta estructural del edificio.

Así mismo, se justifica metodológicamente porque se elabora una investigación de literatura referente a la densificación de suelo en terrenos flexibles para edificios con la finalidad de orientar a nuevas investigaciones generando instrumentos para ser analizados; también, se justifica socialmente porque genera una reflexión en la sociedad de así poder mejorar el terreno en el cual van a construir sus edificaciones y que puede existir distintas maneras de solución.

El presente artículo de revisión tiene como objetivo general conocer la densificación de suelos en terrenos flexibles para edificios; así mismo, se plantea los siguientes objetivos específicos: 1) Identificar los ensayos que se deben realizar debidamente para poder mejorar un suelo, 2) Describir el procedimiento para obtener un suelo mejorado y 3) Describir los tipos de suelos aceptables para construir edificios.



## II. METODOLOGÍA

La base de este estudio está en una revisión bibliográfica de artículos científicos en una gran base de datos con el objetivo de comprender la densificación de suelos en terrenos flexibles para edificios teniendo así los resultados obtenidos en diversos estudios para luego identificar la información recolectada y redireccionar para lograr el objetivo planteados,

Para organizar los objetivos de la investigación, se divide en los siguientes siete pasos: (1) Determinar el tema de investigación (2) Identificar las palabras clave (3) Buscar los artículos en la base de datos (4) Recopilar los datos de los artículos a continuación; investigación (5) Investigación extensa y análisis preciso (6) Discusión de resultados; (7) Presentación de revisión

Para la selección de los artículos se realizó la búsqueda en el idioma inglés en las distintas bases de datos que podemos encontrar actualmente, como ScienceDirect, Scopus, Proquest, Engineering Plus y EBSCOhost. En este proceso de investigación se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: "Concrete", "Fiber steel", "Slag steel", "Compressive strength", "Thermal isolation" y "Flexural strength". Además, se utilizó los operadores booleanos AND Y OR en lo cual los incluimos en la siguiente ecuación de búsqueda: Concrete AND ("Fiber steel" OR "Slag Steel") AND ("Compressive strength" OR "Thermal isolation" OR "Flexural strength").

Durante la preselección de artículos se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: a) bases de datos incluidas en la plataforma MyLOFT, b) que sean revistas científicas indexadas a ScienceDirect, Scopus, Proquest, Engineering Plus y EBSCOhost c) que sean archivos completos, d) que hayan sido publicadas en los años 2018 hasta 2022 y que sean de construcción y material de construcción.

Para la selección de los artículos se realizó la búsqueda de la densificación del suelo se ha empleado para reducir el riesgo de licuefacción o sus consecuencias en las estructuras. La decisión de mitigar y el diseño de especificaciones de densificación generalmente se basan en procedimientos que asumen condiciones o experiencia de campo libre. Como resultado, la influencia de la densificación del suelo en el desempeño de las estructuras y los mecanismos clave de la interacción suelo-estructura siguen siendo poco conocidos. Este

artículo presenta los resultados de cuatro pruebas centrífugas para evaluar el desempeño de estructuras potencialmente inelásticas de 3 y 9 pisos en terreno licuable con y sin densificación. Se demostró que la densificación generalmente reduce el exceso neto de presiones de poro y los asentamientos permanentes de los cimientos (aunque no necesariamente a niveles aceptables), al tiempo que amplifica las aceleraciones en los cimientos. La influencia de estas demandas en el desempeño de los cimientos y la superestructura dependía de la resistencia y las propiedades dinámicas de la estructura, así como de las características del movimiento del suelo. Además, la densificación tendió a amplificar la demanda de momento en las conexiones de vigas y columnas, lo que aumentó las deformaciones por flexión permanente y los efectos  $P-\Delta$  (particularmente en la estructura más pesada y más débil) que podrían tener un efecto adverso en la rotación de los cimientos. Los resultados experimentales presentados tienen como objetivo proporcionar información sobre las posibles ventajas de la densificación del suelo, que puede reducir el asentamiento permanente de los cimientos, pero amplificar la intensidad de las sacudidas que pueden resultar en una mayor rotación de los cimientos, derivadas por flexión y daños a la superestructura, si no se consideran en el diseño. Estas consideraciones son importantes para desarrollar estrategias basadas en el desempeño para diseñar técnicas de mitigación que mejoren el desempeño del sistema suelo-cimiento-estructura de una manera holística. (ORLARTE, DASHTI.2018).

Por otro lado, se realizó un estudio comparativo entre tres sistemas finos de clasificación de suelos: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO) y la nueva clasificación de suelos basada en la sensibilidad eléctrica. La nueva clasificación utiliza factores como la sensibilidad química del suelo y las propiedades de los fluidos de los poros, que aún no se han tenido en cuenta en los métodos de clasificación utilizados actualmente en ingeniería geotécnica. Estos tres métodos se aplicaron a muestras de suelo derivadas de ceniza volcánica que son de particular interés en la región andina de Colombia porque estos suelos típicamente se localizan en una de las regiones más densamente pobladas del país. Como conclusión importante del estudio, se concluyó que la clasificación del suelo basada en la susceptibilidad eléctrica de las partículas

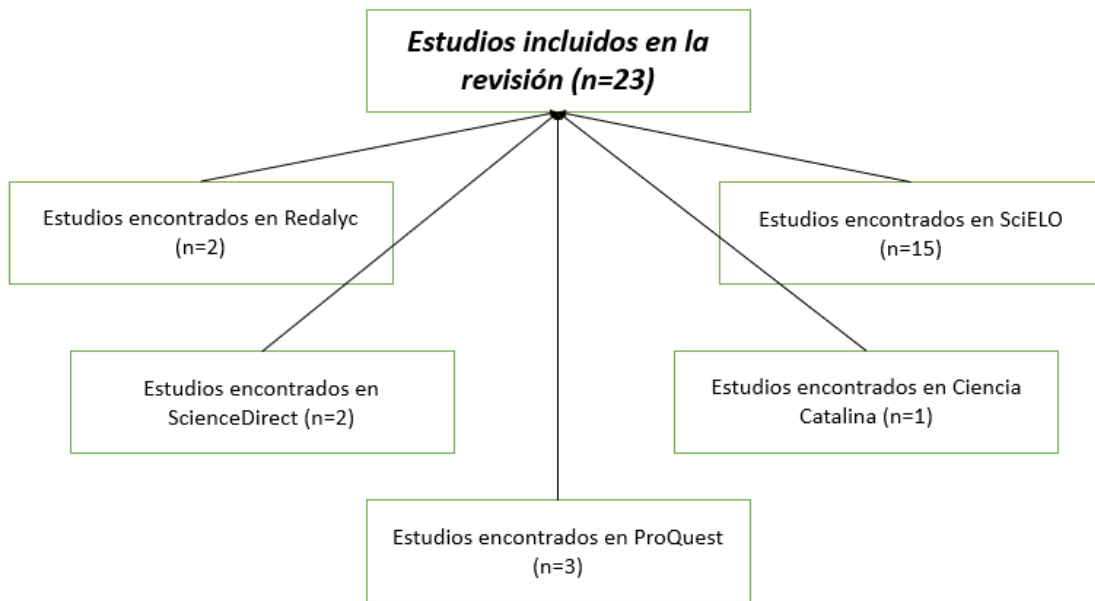
describe mejor las propiedades plásticas del suelo derivado de cenizas volcánicas y en última instancia mejora la solución técnica elegida. (GUERRERO, 2018).

El objetivo de este estudio es estandarizar y recomendar el ensayo DPL, ya que el ensayo triaxial no está presente en el mercado, teniendo en cuenta la norma E-050 para suelos y cimentaciones, antes de determinar la clasificación del suelo por el método SUCS. Este estudio se centra en los suelos cohesivos, que en el territorio de la Universidad Nacional de Huancavelica son complejos, como lo demuestra la división de fallas geológicas. Los datos y/o resultados más importantes utilizados de las 20 muestras obtenidas en la adhesión (c) y el ángulo de fricción ( $\Phi$ ), lo que nos permitirá encontrar la relación entre las pruebas de los tres ejes y el DPL. Mostramos que cualquier muestra cuando se modifica. En su estado natural, pierde su compresibilidad y, por lo tanto, pierde ciertas propiedades, y por esta razón confirmamos que la prueba DPL se procesa en su estado natural y producirá resultados in situ, y por esta razón validamos los resultados de DPL a través de cuidadosos resultados. En comparación con ensayos triaxiales y en suelos cohesivos encontramos que el factor más importante es el índice de plasticidad porque los resultados de los dos ensayos son cercanos y en ocasiones idénticos. El método de investigación utilizado es consistente con el método científico, ya que se realizan estudios de campo y de laboratorio para analizar los resultados posteriormente. El diseño de búsqueda es compatible con las muestras de prueba de muestras de control, de la búsqueda, que concluyó que la prueba DPL se recomienda a tiempo y costo. (RIVEROS, 2018).

Luego de una lectura de los títulos y resúmenes se realizó una clasificación para descargar las investigaciones, luego se utilizó el criterio de exclusión en donde se descartaron las investigaciones duplicadas y las investigaciones que no estaban de acorde a nuestros objetivos planteados en esta investigación. Se revisaron 82 artículos, principalmente de los resúmenes, resultados y conclusiones referentes al uso de la fibra en el concreto. Posteriormente, se utilizaron 50 artículos los cuales representan el 61% de los artículos encontrados. Luego se realizó un cuadro comparativo de los aportes de cada investigación y así agruparlas de acuerdo a los resultados similares, obteniendo las categorías

(1) densificación de suelos (2) Clasificación de suelos (3) Tipos de suelos (4) Ensayos de DPL (5) Densidades de Campo.

**Figura 1.** Diagrama de flujo de selección de artículos de investigación



Fuente: Elaboración Propia.

### III. RESULTADOS

Dentro de la revisión de la literatura se encontró métodos y conceptos variados para la densificación de suelos y cómo influye en terrenos flexibles para la construcción de edificios, podemos decir que el terreno se puede mejorar dependiendo su clasificación de suelo lo cual es primordial identificar al inicio previo a estudios de suelos a realizar, para hallar la capacidad portante y otros factores importantes que serán necesarios para realizar los cimientos de la estructura dependiendo su altura del edificios.

Se encontraron métodos en los cuales está la combinación de materiales el cual permite la mejora del terreno, se realiza según el procedimiento constructivo con el análisis granulométrico del material de terreno natural y del material a combinar, este ensayo es importante ya que permitirá encontrar el porcentaje de finos, de grava y arena, sobre todo lo más importante su clasificación de suelo si es arena bien graduada o mal graduada, etc. De acuerdo a Rodríguez Wilson en la investigación “Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado” del año 2023 define que “el ensayo granulométrico es una herramienta esencial en la ingeniería civil y geotecnia para la caracterización y clasificación de suelos”.

El siguiente ensayo de densidades de campo va de la mano al resto ensayos de suelos ya que nos garantiza el porcentaje de grado de compactación y el contenido de humedad del terreno que se a compactado previamente, datos importantes para determinar si el terreno se encuentra lo más óptimo, donde Rosales Naranjo en la investigación “Effect of soil management in the infiltration in a compacted Red Ferrolithic Soil” del año 2020 indican que “en la prueba se determina la humedad del suelo y la compactación.”

Consecutivamente como procedimiento se encuentra el ensayo DPL donde Pérez Alarcón en la investigación “Estudio de correlación de resultados en estudios SPT, DPL; DPL y cono de arena en suelos arcillosos aplicados a edificaciones de la urbanización Villa del Norte, Chiclayo, Lambayeque 2021” en 2021 indica que “la prueba de DPL en ambas profundidades; determinar los resultados de la prueba del cono de arena; encontrar la correlación lineal entre los resultados de las pruebas SPT y DPL; encuentre la correlación lineal entre los resultados de la prueba DPL y Sand Cone”, con este ensayo de acuerdo a la cantidad de número de golpes

podemos encontrar los datos necesarios para hallar el ángulo de fricción y la densidad relativa en una fórmula determinada, aunque la norma E 050 en la tabla 3 pagina 8 nos da los limitantes para realizar el ensayo DPL como el nivel de profundidad de excavación para el número de golpes y la clasificación de suelos, se puede correlacionar con el ensayo SPT.

Para determinar la correcta respuesta estructural de los edificios todo se basa en su adecuada cimentación con los datos ya determinados por lo que es importante todo el proceso constructivo que se a planteado en la discusión de este proyecto para obtener un trabajo deseado.

Para el ensayo de Penetración Ligera (DPL) según Yovera como base teórica indica que es un método de análisis indirecto, en ingeniería geotécnica de suelos, la resistencia del suelo se puede estimar de las siguientes maneras con una varilla de acero y un martillo de 10 kg que registra el número de golpes de martillos necesarios para penetrar la barra de refuerzo de 10cm de profundidad en el suelo, este ensayo es importante ya que nos permitirá identificar los datos necesarios para obtener la correcta cimentación de nuestra base para nuestra edificación, recordando que mientras sea mejor la base de nuestra estructura esta dispuesto a responder estructuralmente de manera positiva ante algún movimiento sísmico.

En el segundo ensayo para el proceso constructivo de un mejoramiento de terreno es importante primero identificar la clasificación de suelo y luego analizar si es posible y necesario mejorarlo o no, de acuerdo a factores que incluye para poder construir una correcta cimentación, en base a la investigación la mejor manera de mejorar un terreno es haciendo una alteración de si mismo realizando el mezclado del terreno natural donde primero se realiza su análisis granulométrico para identificar la clasificación del terreno y cuanto de finos puede obtener en cuanto pase el número de malla, si vemos que es una clasificación SP de arena mal graduada el cual no nos garantiza una mayor capacidad portante, se sugiere hacer una mezcla de ese terreno con una material que tenga mayor cantidad de finos como puede ser un afirmado y posterior a ello analizar mediante un estudio previo la combinación en porcentaje en base a los pesos de cual podría ser la mejor combinación en datos para obtener un mejoramiento del terreno y cambiar su clasificación de suelo, después de esto se realiza el ensayo de análisis granulométrico y ahí se verá la diferencia de que tanto a cambiado el terreno y a

mejorado, cabe resaltar que mientras sea mayor su capacidad portante la cimentación tendrá una mejor respuesta estructural para la edificación y así garantizar la seguridad de las personas y la misma estructura que sea duradera.

Actualmente también existen métodos para utilizar aditivos de mejora del suelo con estabilización a base de cal, mejorando la capacidad de carga en suelos de grano fino y, a veces, en suelos de grano grueso, lo que da como resultado una mayor resistencia, estabilidad y dureza a largo plazo.

También existen métodos más costosos de estabilización de suelos en los que se inyecta un estabilizador externo en el suelo, pero en Perú este método rara vez se aplica. Existe un método de estabilización con cemento en el que la dureza de la mezcla se obtiene de la interacción del suelo triturado y el cemento portland. y el agua es conocida. Como cemento de suelo, se utiliza para estabilizar superficies de carreteras y estabilizar suelos blandos a mayores profundidades. Existen otros métodos, como Vibro Floating, que reorganizan las moléculas del suelo en la composición más intensa, y hay formas de vibrar y vertical.

Con respecto al tercer objetivo de cuál sería la mejor clasificación de suelo para poder construir nuestras edificaciones eso puede variar dependiendo muchos factores, el principal es identificar la zona en la cual se realizará la cimentación dependiendo que tan altamente sísmica puede ser, si en base a ello tal vez no es una zona sísmica no se puede hacer muchas variantes, pero si es el caso contrario es identificar primero la zona, posterior a ello se puede hacer un mejoramiento de terreno que eso implica aumentar el número de finos en el material del terreno para así aumentar su capacidad portante del mismo terreno ya mejorado, existen los ensayos respectivos de análisis de suelos que acompañan a este procedimiento el cual es el análisis granulométrico, las densidades IN SITU y ya conocido ensayo DPL que nos validará la confiabilidad del proceso constructivo y del análisis de suelos.

Por último es importante recalcar en base al último objetivo que los mejores suelos para poder trabajar y construir son los que tienen mayores partículas gruesas como pedregosas, pues estos tienen menos cantidad de agua y son más estables y altamente seguros, si encontramos un suelo pedregoso que está compuesto por rocas o piedras sólidas pueden brindar un mejor soporte y mayor estabilidad para el levantamiento de una estructura, es un suelo ideal para la construcción, pero

también es importante no trabajar con grandes rocas porque puede dificultar la trabajabilidad del terreno.

También están los suelos arcillosos y granulares que son cohesivos y duros y resistentes para tener una mayor capacidad portante, esto permitirá que nuestra edificación su cimentación sea más sencilla.

Otro punto clave por último es analizar si hay posibles pendientes del terreno en el cual existen casos, en esta situación puede ser interesante ya que da cara a la evacuación de las aguas y un mejor soleamiento y ventilación de la vivienda, aunque construir edificaciones sobre este tipo de terrenos que muestra esta variante es un poco más costoso.



#### **IV. CONCLUSIONES**

De acuerdo a la información recopilada en esta investigación la densificación de suelos en terrenos flexibles para edificios se describen las siguientes conclusiones:

1. La tecnología utilizada para la densificación de suelos influye en la interacción suelo-estructura en el comportamiento de los edificios, donde la respuesta de una estructura a un movimiento está influenciada por tres componentes que interactúan: el suelo, los cimientos y la estructura misma. El análisis convencional supone que la superficie de soporte de la estructura es la base rígida de los cimientos.
2. El procedimiento adecuado para obtener un terreno mejorado para una correcta cimentación de un edificio se tiene que realizar los ensayos respectivos como el análisis granulométrico de los materiales, las densidades de campo para una correcta compactación del terreno y el ensayo DPL para obtener la densidad relativa y el ángulo de fricción que puede aumentar de acuerdo a la clasificación de suelos.
3. La norma DIN4094 y NTP 339.159:2001 indica que el ensayo DPL es un método de prospección indirecta “auscultación” para determinar el análisis geotécnico de suelos que nos va permitir identificar la resistencia del suelo a través de la cantidad de número de golpes realizados.

## REFERENCIAS

BADILLO LÓPEZ, René Alfonso; LEAL VILLA, Adriana Marcela. Influencia de la densificación de suelos arcillosos en su resistencia a la compresión inconfiada. 2018.

Recuperado de: <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/5004>

BOIERO, Álvaro. EMPLEO DEL MÉTODO DE VIBROCOMPACTACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS: CASO DEL PUERTO DE LA GUAIRA. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, 2022, vol. 54, p. 57-66.

Recuperado de: <https://socvengeotecnia.com/wp-content/uploads/2022/07/2022-Alvaro-Boiero-Empleo-del-metodo-de-vibrocompactacion-para-el-mejoramiento-de-suelos.-caso-del-puerto-de-La-Guaira.pdf>

BUSTAMANTE SALAZAR, Flor Lisbet; MARÍN BARDALES, Noé Humberto; BENITES CHERO, Julio César. Uso de vinaza de Saccharum Officinarum para estabilización de suelos cohesivos. Infraestructura Vial, 2022, vol. 24, no 43, p. 73-82.

Recuperado de: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052022000100073&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052022000100073&script=sci_arttext)

CASTAÑEDA SANTA CRUZ, Luis Roberto. Capacidad portante de los suelos de fundación de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la zona suroeste y sureste utilizando el método penetración dinámica ligera (DPL) en comparación con el método por corte directo. 2018.

Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/684>

CID-LAZO, Greco, et al. Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. Revista Ingeniería Agrícola, 2021, vol. 11, no 2, p. 3-9.

Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/5703/570362079001/570362079001.pdf>

Cruz V. Lucio y Guerrero C. Cristian Camilo. Estudio experimental de clasificación

de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. Revista científica. Jul 2018. pp. 378, ID del documento de ProQuest2064345727.

Recuperado de: [https://www.proquest.com/docview/2064345727/3F5DB89F7CF4F0CPQ/1?source\\_type=Scholarly%20Journals](https://www.proquest.com/docview/2064345727/3F5DB89F7CF4F0CPQ/1?source_type=Scholarly%20Journals)

Cuervo B. Juan G. Land and housing values within urban containment and densification in bogotá 1969-2012. SciELO. Pág.177. 2018.

Recuperado de: <https://www.scielo.cl/pdf/invi/v35n99/0718-8358-invi-35-99-177.pdf>

DE SANTIAGO RODRÍGUEZ, Eduardo; GARCÍA, Isabel González. Crítica a los requisitos para la clasificación del suelo urbano en Castilla y León: dos casos prácticos en pequeños municipios rurales. Práctica urbanística: Revista mensual de urbanismo, 2020, no 162, p. 13.

Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7342562>

GARCÍA VILLACORTA, Edgar; RÍOS CALAMPA, Rosa Ayde. Estudio comparativo de evaluación de suelos en Iquitos usando veleta y DPL. 2018.

Recuperado de: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2361>

GARNICA ANGUAS, P., et al. GENESIS, IDENTIFICACION Y USO DE LOS SUELOS DE MEXICO: DISTRIBUCION, PROPIEDADES, CLASIFICACION Y MANEJO DE SUELOS RESIDUALES Y TRANSPORTADOS CON APLICACIONES A LA INGENIERIA CIVIL. DOCUMENTO TECNICO, 2019, no 19.

Recuperado de: <https://trid.trb.org/View/1122759>

GUERRERO, Cristian Camilo; CRUZ VELASCO, Lucio Gerardo. Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. Ingeniería y Desarrollo, 2018, vol. 36, no 2, p. 378-397.

Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122->

[34612018000200378&script=sci\\_arttext](https://doi.org/10.34612/18000200378&script=sci_arttext)

GUEVARA LOPEZ, Iván José; CANAZA ROJAS, Ferrer. Estimación de la densidad seca de un relleno granular utilizando el penetrómetro dinámico de cono. Gaceta Técnica, 2023, vol. 24, no 2, p. 77-91.

Recuperado de: [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S185695602023000200077&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S185695602023000200077&script=sci_arttext)

GUILLÉN GUILLÉN, César Armando, et al. Optimización del proceso de elaboración de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) mediante el control granulométrico de las partículas del Suelo. Nova scientia, 2021, vol. 13, no 27.

Recuperado de: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052021000200103&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052021000200103&script=sci_arttext)

LUPATINI, MAYANY, et al. Mapeo geotécnico del subsuelo de Lucas do Rio Verde–MT basado en pruebas DPL y SPT. Revista Uningá , 2018, vol. 33, núm. 2, pág. 151-179.

Recuperado de: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/2232>

MARTÍNEZ MENDOZA, Henry Giovanni; YEPES SUICA, Hugo. Densificación de suelos granulares con explosivos. Tesis Doctoral. Universidad Santo Tomás.2018.

Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14611>

MEDINA, Adrián Francisco Bazán; BACHILLER, Grant Ilich Llaque Fernández; MAGÍSTER, Marlon Walter Valderrama. Application of geospatial analysis for soil classification in La Libertad region, Peru. 2020 Aplicación de análisis geoespacial para la clasificación de suelos en la región La Libertad, Perú. 2020.

Recuperado de: [https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full\\_papers/FP121.pdf](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP121.pdf)

Morales G., Alfredo E y Vilorio R., Jesús A. APLICABILIDAD DEL ENFOQUE DE CONJUNTOS BORROSOS A LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA DEPRESIÓN DEL LAGO DE VALENCIA, VENEZUELA. Revista científica. Agost. 2018. pp. 598-604.

Recuperado de:  
<https://www.proquest.com/docview/210140629/EFEB850B8FBD4FBBPQ/2?source=Scholarly%20Journals>

MUÑOZ, Sócrates; MELCHOR, Alex; DE DIOS MALPARTIDA, Juan. Revisión sistemática de pruebas para obtener los parámetros geotécnicos del suelo: tendencias, alcances y limitaciones. Suelos Ecuatoriales, 2021, vol. 51, no 1, p. 93-106.

Recuperado de: <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/articulos/articulo34.pdf>

NARSILIO, Guillermo A.; SANTAMARINA, Carlos. Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA-Guillermo. narsilio@ ce. gatech. edu y carlos. santamarina@ ce. gatech. edu, 2020.

Recuperado de: <https://acortar.link/OCfpRA>

OLARTE, Juan; DASHTI, Shideh; LIEL, Abbie B. ¿Puede la densificación del suelo mejorar el desempeño sísmico del sistema suelo-cimiento-estructura en suelos licuables? Ingeniería sísmica y dinámica estructural, 2018, vol. 47, núm. 5, pág. 1193-1211.

Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ege.3012>

Oyola G. Romer D. y Oyola Morales Rómulo. "Case studies in construction materials" Implementation of a fast, practical and rational quality control technique in a soil mixture production plant, based on a continuous and quantitative classification of materials: a case study. vol 9, 2019.

Recuperado de:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509518302183>

PEREZ ALARCON, Gaby Catalina. Estudio sobre la correlación de resultados en los ensayos SPT, DPL; DPL y cono de arena en suelos arcillosos aplicado a edificaciones en la urbanización Villa del Norte, Chiclayo, Lambayeque 2021. 2023.

Recuperado de: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5828>

RIVEROS LIZANA, Percy; TAIPE MATAMOROS, Oscar. Análisis comparativo de parámetros geomecánicos a partir de ensayos dpl y triaxial en suelos cohesivos de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional De Huancavelica, 2018. 2019. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/eqe.3012>

RODRÍGUEZ, Wilson Ángel Gutiérrez. Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2023, vol. 7, no 2, p. 6908-6927.

Recuperado de: <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5834>

ROSALES-NARANJO, Leynis, et al. Efecto del manejo del suelo sobre la infiltración en un suelo Ferralítico Rojo compactado. Revista Ingeniería Agrícola, 2020, vol. 10, no 4, p. 20-30.

Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264983003/586264983003.pdf>

Vega-P. Carlos Alberto; Zapata-M. David Guillermo; Ramos-C. Alfonso Mariano Blast densification: A proposed methodology to quantify the amount of densification required to prevent liquefaction and flow in sandy soils/Densificación con explosivos: una metodología propuesta para cuantificar el grado de densificación requerida para prevenir licuación y flujo en suelos arenosos. Revista científica Sep 2020 pp. 56-62 DOI:10.17533/udea.redin.n80a07.

Recuperado de: <https://www.proquest.com/docview/1825595313/7EA2F221B5314B77PQ/1?source=Scholarly%20Journals>

## ANEXOS

**Tabla 1**

**Cantidad de documentos encontrados según base de datos.**

<i><b>Fuente</b></i>	<i><b>Archivos Analizados</b></i>	<i><b>Archivos incluidos</b></i>
Redalyc	2	2
ScienceDirect	2	2
ProQuest	3	3
SciELO	15	15
Ciencia Catalina	1	1
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>23</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la lectura de los artículos de investigación se identificó las distintas investigaciones relacionadas a la densificación de suelos de fuentes variadas para reforzar la investigación.

**Tabla 2**

**Documentos encontrados a la dimensión de densificación de suelos.**

<i><b>TÍTULO</b></i>	<i><b>Autor</b></i>	<i><b>Año</b></i>	<i><b>Fuente</b></i>	<i><b>Aporte</b></i>
Implementation of a fast, practical and rational quality control technique in a soil mixture production plant, based on a continuous and quantitative classification of materials: a case study.	Oyola G. Romer D. y Oyola Morales Rómulo	2018	ScienceDirect	Este estudio muestra que, con el uso de una clasificación cuantitativa y continua, se optimizó el control de calidad no sólo durante la producción en la planta de producción sino también en el sitio de construcción. También se demuestra que, si el factor característico de la mezcla de suelo es cercano al factor característico predefinido, existe una alta probabilidad de que la respuesta mecánica del material medida en la planta de producción sea cercana a la respuesta mecánica evaluada en el sitio de construcción.
Land and housing values within urban containment and densification in Bogotá 1969-2012	Cuervo B. Juan G	2018	SciELO	El presente estudio analizó los límites de altura y el incremento del precio del suelo, recopilando precios históricos de diferentes fuentes y cruzando estos datos con las normativas de alturas de cada época. Los resultados muestran que los aumentos del límite de alturas y su aprovechamiento, por medio de la inversión inmobiliaria, fueron diferenciados y contrarios a las intenciones de los planes de ordenamiento, siendo estos aumentos mayores en las zonas de estrato social alto, moderados en estrato medio, y menores e incluso negativos para el estrato bajo. El suelo en el sector de estrato alto tuvo una valorización de más de diecisiete veces, mientras que los precios de la vivienda permanecieron estables; la valorización fue mucho menor en el estrato bajo y la vivienda es ahora más costosa.



Influencia de la densificación de suelos arcillosos en su resistencia a la compresión inconfiada.	Badillo López, René Alfonso y Leal Villa, Adriana Marcela	2018	SciELO	<p>El proyecto tiene como finalidad evaluar la influencia de la densificación de suelos arcillosos en su resistencia a la compresión inconfiada. Se utiliza un tipo de investigación descriptivo y experimental. El proyecto hace parte de la línea de investigación adscrita al Departamento de Geotecnia y Minería, de la Facultad de Ingeniería de la UFPS. La población son las arcillas de la Formación León, aflorantes en el área metropolitana de Cúcuta, constituye la población universal de la presente investigación. Se utiliza un muestreo probabilístico procurando que cada elemento de la población tuviera igual probabilidad de ser seleccionado en la muestra.</p>
Densificación de suelos granulares con explosivos	Martínez M. Henry Giovanni y Yepes Suica Hugo	2018	SciELO	<p>Este Trabajo consiste en el uso de explosivos para compactar (3) tipos de suelos granulares, que conforman un terraplén que mediante la utilización de los explosivos indugel y anfo se pretende determinar el porcentaje de compactación de cada uno de estos 3 suelos granulares, variando la profundidad de voladura y cantidad de carga aplicada en cada barreno, después de realizar las 5 pruebas y el ensayo piloto, (Y de esta manera estabilizarlo) se limita a los suelos granulares con menos del 20% de limos y menos del 5% de arcillas. Se utilizarán cargas de explosivos relativamente pequeñas con espaciamientos entre 3 y 7.5 metros y con explosiones repetitivas.</p>
Blast densification: A proposed methodology to quantify the amount of densification required to prevent liquefaction and flow in sandy soils/Densificación con explosivos: una	Vega-P. Carlos Alberto y Zapata-M. David	2020	ProQuest	<p>Este trabajo presenta una metodología para cuantificar el grado de densificación por explosivos o número de detonaciones requeridos para prevenir licuación y flujo en suelos arenosos</p>

metodología propuesta para cuantificar el grado de densificación requerida para prevenir licuación y flujo en suelos arenosos.

Guillermo

suelos y saturados, en un determinado proyecto. La metodología propuesta está basada en los conceptos de estado crítico de mecánica de suelos, y el número de detonaciones se escoge, de tal manera, que el estado final de esfuerzos del horizonte dinamitado, se localice por debajo de la línea de estado crítico del suelo, donde se espera una respuesta dilatante. Se presentan y utilizan los resultados obtenidos de ensayos de campo y laboratorio de un programa de densificación con explosivos en un relleno sanitario localizado en Carolina del Sur, Estados Unidos, con el objeto de evaluar el enfoque propuesto.

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3**

**Documentos encontrados a la dimensión de clasificación de suelos.**

<i>TÍTULO</i>	<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Fuente</i>	<i>Aporte</i>
Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos.	Cruz Velasco, Lucio Gerardo y Guerrero Castro Cristian Camilo	2018	ProQuest	Estos tres sistemas de clasificación de suelos finos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), American Association of State Highway Officials (AASHTO) y una nueva clasificación de suelos basada en la sensibilidad eléctrica. La nueva clasificación utiliza parámetros tales como la sensibilidad química del suelo y las propiedades en los fluidos de poro, los cuales no se han tenido en cuenta en los métodos de clasificación que en la actualidad se utilizan en la geotecnia.
APLICABILIDAD DEL ENFOQUE DE CONJUNTOS BORROSOS A LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA DEPRESIÓN DEL LAGO DE VALENCIA, VENEZUELA	Morales Gómez, Alfredo E y Viloría Rendón, Jesús A.	2018	ProQuest	Este estudio clasifica los suelos de la depresión del lago de Valencia, Venezuela, bajo ese enfoque y evalúa los resultados de la clasificación. Se utilizaron datos de 339 perfiles de suelo, interpolados a 15 y 50cm de profundidad. Con base a un análisis de componentes principales, se escogieron las variables porcentaje de arena y de arcilla, pH, conductividad eléctrica y porcentaje de CaCO <sup>3</sup> equivalente. Además, se consideraron como atributos morfológicos la secuencia de horizontes (A/C, A/Bw/C o A/Bt/C), clase de drenaje, presencia o no de propiedades vérticas y presencia o no de texturas contrastantes.
Crítica a los requisitos para la clasificación del suelo urbano en Castilla y León: dos casos prácticos en pequeños municipios rurales	Eduardo de Santiago Rodríguez y Isabel González García	2020	SciELO	La clasificación del suelo sigue siendo una tarea pendiente en gran parte de los municipios de Castilla y León, un 36% de los cuales aún carece de una figura mínima de planeamiento urbanístico municipal. Este artículo revisa los criterios para la clasificación del suelo como urbano en esta Comunidad Autónoma y

Application of geospatial analysis for soil classification in La Libertad	Bazán Medina Adrián Francisco	2020	SciELO	<p>realiza una crítica a su aplicación práctica en los pequeños municipios rurales a partir de dos ejemplos reales representativos de las estructuras morfológicas castellanas más características.</p> <p>La Clasificación de Tierras por su Capacidad de uso Mayor en la región de estudio. Lo obtenidos fueron que la región La Libertad está conformada por cinco grupos de suelos, ocupando las siguientes áreas: Tierras de protección con 66.69%, Tierras aptas para pastos con 16.70%, Tierras aptas para cultivo en limpio con 14.93%, Tierras aptas para producción forestal con 1.53% y Tierras aptas para cultivos permanentes con 0.15%. Concluyendo que, el crecimiento económico y poblacional de la región La Libertad ha traído consigo una fuerte presión sobre los recursos naturales.</p>
Distribución, propiedades, clasificación y manejo de suelos residuales y transportados con aplicaciones a la ingeniería civil	Garnica Anguas	2019	SciELO	<p>Los suelos para aquellos profesionistas que requieren un conocimiento básico de esta disciplina y como introducción para los que en el futuro requerirán de información más profunda. El material que se ofrece abarca en un principio: conceptos y definiciones de los suelos y su origen, la clasificación taxonómica según el sistema FAO-UNESCO (1988-2019) y el análisis cualitativo y cuantitativo de las propiedades de los suelos, tanto en campo como en el laboratorio. Se indican las normas para realizar esos análisis y su interpretación en forma sencilla.</p>
Clasificación de Suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones	Narsilio Guillermo A. y Santamarina J. Carlos	2020	SciELO	<p>La relevancia del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (IRAM 10509) se torna evidente cuando se analiza desde la perspectiva del comportamiento fundamental de los</p>

materiales granulares. Este análisis también denota parámetros importantes en el comportamiento de los suelos que no son adecuadamente considerados en la rutina del laboratorio geotécnico. Entre ellos se incluyen la superficie específica, la forma de las partículas, el grado de saturación, la rigidez cortante a baja deformación, la variabilidad espacial, la relación de vacíos de campo, y los parámetros del estado crítico.

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4**

**Documentos encontrados a la dimensión de ensayos DPL para densificación de suelos.**

<i>TÍTULO</i>	<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Fuente</i>	<i>Aporte</i>
Comparative study of soil evaluation in Iquitos using weather vane and DPL	García Villacorta, Edgar y Ríos Calampa, Rosa Ayde	2018	SciELO	PORTABLE DINAMIC CONE PENETROMETER ( Penetrómetro Dinámico Ligero - DPL) el cual tiene los mismos principios del Ensayo de Penetración Estándar pero con la ventaja de que este nuevo instrumento es manual y totalmente como su nombre lo indica, mucho más liviano, el ensayo sería más rápido, con menos área requerida y con menos personal (solo dos personas para ejecutar el ensayo y una para tomar los registros), el cual en su manual de uso esta calibrado con para el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) ; pero el problema se suscita justamente aquí, en que la Norma E.050; Suelos y Cimentaciones, las obliga a definir correlaciones que muestra no están totalmente claras y que además de eso fueron hechas para cada tipo de un suelo, característico del lugar país de origen.
Capacidad portante de los suelos de fundación de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la zona suroeste y sureste utilizando el método penetración dinámica ligera (DPL) en comparación con el método por corte directo	CASTAÑEDA SANTA CRUZ, Luis Roberto	2018	SciELO	Las exploraciones geotécnicas donde se determinó el Ensayo Especial de Corte Directo: se concluye que el subsuelo del área en estudio está constituido básicamente por material de tipo · CL, descritas en la evaluación geotécnica y que la variación del ángulo de fricción interna varía entre 13.90° a 15.30°, siendo éstas arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras y de los resultados del Ensayo de DPL el número de golpes varía entre 10 y 22 que nos indica que se encuentra suelos arcillosos de media a alta plasticidad; no se encontró Napa Freática.
Geotechnical mapping of the subsoil of lucas do rio verde - mt based on	LupatinI, Mayany	2018	SciELO	Por lo tanto, se puede concluir que el subsuelo está compuesto por suelos de arena, limo y arcilla a grano

dpl and spt tests

medio a fino. El N SPT osciló de 1 a 41 y el N 10 de 1 a 32 con avance de profundidad. En general, el mapa de zonificación urbana del municipio concuerda con el mapeo geotécnico realizado.

Estudio sobre la correlación de resultados en los ensayos SPT, DPL; DPL y cono de arena en suelos arcillosos aplicado a edificaciones en la urbanización Villa del Norte, Chiclayo, Lambayeque 2021

Perez Alarcon,  
Gaby Catalina 2023 ScienceDirect

Ensayo DPL en ambas profundidades; determinar los resultados del ensayo Cono de Arena; hallar la correlación lineal entre los resultados de los ensayos SPT y DPL; hallar la correlación lineal entre los resultados de los ensayos DPL y Cono de Arena. En la metodología, he sondeado 30 puntos de ensayos (5SPT y 5DPL, 10DPL y 10Cono de Arena) teniendo en cuenta la variabilidad del nivel freático y el nivel de relleno en la zona que haya presente. La correlación final para el suelo CL entre el ensayo SPT y DPL es  $N_{spt}=0.4403N_{dpl}+11.995$ , con un coeficiente de determinación  $R^2=0.8594$  y entre los ensayos DPL y Cono De Arena es  $N_{dpl}=0.4406(\%Comp.) + 83.201$ , con un coeficiente de determinación  $R^2=0.6907$ .

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5**

**Documentos encontrados a la dimensión de ensayo Granulométrico y Densidad de Campo como procedimientos a seguir para densificación de suelos.**

<i>TÍTULO</i>	<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Fuente</i>	<i>Aporte</i>
Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado	RODRÍGUEZ, Wilson Ángel Gutiérrez	2023	CienciaCatalina	El ensayo granulométrico es una herramienta esencial en la ingeniería civil y geotecnia para la caracterización y clasificación de suelos. Se discute la metodología empleada en el ensayo granulométrico, incluyendo la selección de equipos, procedimientos de laboratorio y la interpretación de resultados, como la curva granulométrica y los coeficientes de curvatura y uniformidad. El análisis granulométrico proporciona información valiosa sobre la distribución de tamaños de partículas y sus propiedades mecánicas, permitiendo evaluar el comportamiento del suelo en diversas aplicaciones, como cimentaciones, pavimentos y terraplenes.
Optimization of the process of making Compressed Earth Blocks (CEB) through the granulometric control of soil particles	Guillén Guillén, César Armando	2021	SciELO	Se concluye que es posible optimizar el uso de la tierra para la construcción controlando la granulometría, contenido de agua y presión nominal de la materia prima, lográndose resistencias mecánicas superiores a 50 kg/cm <sup>2</sup> sin emplear cemento, asfalto ni cal como estabilizantes.
Use of Saccharum Officinarum Vinasse for Stabilization of Cohesive Soils	Bustamante Salazar, Flor Lisbet; Marín Bardales, Noé Humberto; Benites Chero, Julio César	2022	SciELO	Indican que el suelo en estudio son limos y arcillas inorgánicas de baja plasticidad. Con la aplicación de vinaza de Saccharum officinarum se identificó que la densidad del suelo aumenta con los diferentes porcentajes utilizados. Luego al realizar los ensayos de resistencia mecánica del suelo estabilizado se logró incrementar la resistencia respecto a la del suelo



<p>Use of the vibrocompaction method for the improvement of soils: case of the port of la gaira</p>	<p>Boiero, Alvaro.</p>	<p>2022</p>	<p>SciELO</p>	<p>natural, siendo el 25% de vinaza de <i>Saccharum officinarum</i> la que obtuvo los valores más altos. La investigación concluye que la incorporación de vinaza de <i>Saccharum officinarum</i> aumenta las propiedades de resistencia de un suelo cohesivo.</p> <p>Gracias al ensayo de granulometría y la vibro compactación los materiales presentaban densidades relativas menores, en general, al 60% por debajo de 1 m de profundidad; mientras que una vez finalizado el proceso de densificación los materiales presentaron densidades relativas superiores a 60%, y en algunos casos por encima del 80%. Asimismo, se verificó el efecto del mejoramiento mediante el análisis de una fundación de 2 x 2 m, asentada a 1,5 m de profundidad. Según las estimaciones realizadas, la capacidad portante de la fundación se incrementa en más del 40%, mientras que los asentamientos disminuyen a menos de mitad respecto al estado anterior a la densificación.</p>
<p>Effect of soil management in the infiltration in a compacted Red Ferrolithic Soil</p>	<p>Rosales-Naranjo, Leynis</p>	<p>2020</p>	<p>Redalyc</p>	<p>En la prueba se determinó la humedad del suelo y la compactación. Con excepción del sitio AC en que la humedad promedio del perfil fue del 80% de la Capacidad de campo, el resto tuvo valores cercanos al 60%, por lo que puede considerarse que el suelo se encontraba muy seco, la compactación del suelo se relacionó inversamente con el contenido de humedad del suelo (<math>R^2 = 0,89</math>), el mayor valor de infiltración básica (ib) correspondió al sitio PTS que alcanzó un valor de 0,51 cm hora<sup>-1</sup>.</p>
<p>Correlation between the dynamic cone penetrometer and the</p>	<p>CID-LAZO, Greco</p>	<p>2021</p>	<p>Redalyc</p>	<p>En primera instancia se obtuvo una correlación directa entre ambos métodos y una ecuación con</p>

california support relationship in  
the field for the sub-rasant floor of  
the portoviejo-manta road

valor de correlación de 0,80, con una  
significatividad de  $7,246 \times 10^{-5}$ . Se efectuó una  
segunda ecuación de regresión múltiple en la cual  
se obtuvo valores de correlación entre los  
métodos, más los parámetros físicos del suelo de  
0,82 y su correspondiente p-valor de 0,0091  
validando así la fiabilidad de los resultados.

---

Fuente: Elaboración propia.