

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**FABRICACIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO DPL PARA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARA LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA**

Realizado por:

María Trinidad del Valle Solórzano González

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**FABRICACIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO DPL PARA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARA LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA**

Tutor Académico

Prof. Gabriel Velásquez

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**FABRICACIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO DPL PARA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARA LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA**

El Jurado hace constar que asignó a esta a Tesis la Calificación de:

APROBADO

Prof. Anabel González,
Jurado Principal

Prof. Andreina Rodríguez
Jurado Principal

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado:
“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participara al Consejo Universitario”



DEDICATORIA

Principalmente, dedico esta tesis a Dios todopoderoso, por siempre acompañarme y darme la fuerza necesaria para no rendirme en el camino a causa de tropiezos o situaciones indeseadas.

A mi madre amada y primera maestra, Jennipher González, por ser tan paciente, creer en mí desde que tengo memoria y brindarme todo su amor a través de la enseñanza.

A mi padre amado y estimado, José Gregorio Solórzano, porque siempre estuvo ahí dándome su afecto, confianza; aclarando mis dudas y atendiéndome cada vez que lo necesité.

A mis adorados abuelos, José, Josefina, y a mi hermana mayor, Grecia, por ser parte importante de mi crianza y aprendizaje.

Los amo infinitamente.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, agradezco a Dios por permitirme cumplir mis metas, ser mi sustento y apoyo durante toda mi vida.

Agradezco a mis padres y hermana, por tanta dedicación y porque nunca me dieron la espalda, en todo momento me alentaron para llegar hasta aquí. No hay palabras para expresar cuánto los amo.

A mis abuelos José, Josefina, Pedro y María. Gracias por siempre aconsejarme de la mejor manera, nunca lo olvido. Los amo.

Agradezco a mis tíos y primos que estuvieron presentes durante este largo camino, en especial Tío Luis, Tío Ronald, Tío Carlos, Tía Ysabel, Kenya y Rita. Los quiero mucho.

Quiero agradecer a todos los compañeros y amigos que me regaló la vida universitaria, porque vivimos juntos muchos momentos felices, tristes, divertidos y no tan divertidos, que nos dejaron innumerables experiencias y enseñanzas. Los quiero mucho.

Por último, quiero agradecer a mi tutor y profesor Ing. Gabriel Velásquez y a los señores Jesús Aliendres y Octavio porque gracias a su apoyo y orientación pude llevar a cabo este proyecto.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**FABRICACIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO DPL PARA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARA LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE,
EXTENSIÓN CANTAURA**

Tutor:
Prof. Velásquez, Gabriel

Autor (es):
Br.. Solózano G, María
Cantaura marzo de 2023

RESUMEN

Fabricación de un penetrómetro de cono dinámico o DCP (Dynamic Cone Penetrometer) para su implementación en el ensayo de penetración dinámica ligera o DPL (Dynamic Probing Light), el cual permite obtener la resistencia de suelos (CBR) in situ. Cuyo valor cotejado con los resultados de las lecturas producto de la penetración de una punta cónica en el suelo, después de ser golpeada por una pesa de 8kg a través de un varillaje que contiene cada una de las partes del equipo, permite conocer el tipo de suelo en el área de estudio.

Luego el proceso investigativo, el cual fue de tipo experimental y nivel explicativo, se realizó una revisión documental, seguida de la observación directa para determinar qué tipo de material sería el más conveniente y adecuado en la fabricación del equipo DPL, por lo que fueron seleccionadas cuidadosamente cada una de sus partes. Posteriormente, se inició la producción del equipo siguiendo lo estipulado, fue ensamblado, probado y verificado su funcionamiento, destacando que será potencialmente útil para el aprendizaje de los ingenieros civiles en formación de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura.

Palabras claves: Suelos, Penetrómetro, Ensayo, Cono, CBR, Golpes, Lecturas.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I	16
EL PROBLEMA.....	16
1.1.Planteamiento del problema.....	16
1.2.Objetivos	18
1.2.1. Objetivo General	18
1.2.2. Objetivos Específicos.....	19
CAPITULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Bases teóricas referenciales	22
2.2.1. Mecánica de suelos	22
2.2.2. Suelos.....	22
2.2.3. Ensayo.....	23
2.2.4. Ensayos de suelos.....	23
2.2.5. Tipos de ensayos de suelos	23
2.2.6. Aplicación de los ensayos de suelos	23
2.2.7. Clasificación de suelos	24
2.2.7.1. Clasificación de suelos según el tamaño de sus partículas	25
2.2.7.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) ..	25
2.2.7.3. Sistema AASHTO para la clasificación de suelos	27

2.2.8. Tipos de ensayo de suelos según su ubicación.....	29
2.2.8.1. Ensayos In-situ.....	29
2.2.8.2. Ensayos en laboratorio.....	29
2.2.8.3. Auscultación.....	29
2.2.9. Equipo utilizado para ensayo DPL.....	29
2.2.10. Ensayo Dinámico de Penetración Ligera.....	32
CAPITULO III.....	34
MARCO METODOLÓGICO.....	34
3.1. Tipo de investigación.....	34
3.2. Nivel de investigación.....	35
3.3. Técnicas a utilizar.....	35
3.4. Revisión documental.....	36
3.5. Observación directa.....	36
3.6. Análisis de contenido.....	37
3.7. Herramientas computacionales.....	37
3.8. Procesamiento de datos.....	37
3.9. Maquinarias, equipos e instrumentos de medición.....	38
CAPITULO IV.....	39
ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS.....	39
4.1. Características físicas y técnicas del equipo DPL.....	39
4.2. Dimensiones y materiales requeridos para la construcción del equipo DPL.....	40
4.3. Producción del equipo para el ensayo dinámico de penetración ligera (DPL).....	42
4.4. Análisis del costo total de producción para el equipo DPL.....	49
4.5. Apreciación y calibración del equipo.....	50
4.5.1. Método indirecto.....	50
4.5.2. Método directo.....	50
4.6. Elaboración del manual de uso del penetrómetro para la realización de ensayos DPL.....	61
CAPITULO V.....	62

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. Conclusiones	62
5.2. Recomendaciones	64
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	65
HOJA DE METADATOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama triangular de clasificación de suelos.....	25
Figura 2. Tabla de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)	26
Figura 3. Tabla de clasificación de suelos según características.....	27
Figura 4. Tabla de clasificación de suelos según AASHTO.....	28
Figura 5. Esquema del equipo para ensayos DPL.....	32
Figura 6. Dimensiones del penetrómetro dinámico de cono.....	40
Figura 7. Corte de la barra.....	42
Figura 8. Fabricación de las roscas en las barras.....	43
Figura 9. Fabricación de las roscas en las barras.....	44
Figura 10. Prueba de ensamblaje de roscas de las barras.....	44
Figura 11. Fabricación de la punta cónica.....	45
Figura 12. Construcción de arandelas (yunques).....	45
Figura 13. Construcción de arandelas (yunques).....	46
Figura 14. Pesa o martillo correctamente soldada.....	46
Figura 15. Soldadura de los mangos de agarre para la pesa.....	47
Figura 16. Proceso de medida y marcaje de la barra guía.....	48
Figura 17. Proceso de pintura para los elementos que forman parte del equipo.....	48
Figura 18. Botas de seguridad.....	51
Figura 19. Guantes de seguridad.....	51
Figura 20. Remoción de capa vegetal.....	53
Figura 21. Verificación del equipo.....	54
Figura 22. Ensamblaje del equipo.....	55
Figura 23. Ensamblaje del equipo.....	55
Figura 24. Colocación del equipo en el terreno.....	56
Figura 25. Procedimiento de Ensayo DPL.....	57
Figura 26. Tabla de clasificación de suelos del Sistema AASHTO.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Memoria descriptiva del ensayo DPL.	52
Tabla 2. Tabla de resultados del ensayo DPL.	58

INTRODUCCION

Históricamente, la Ingeniería Civil surge de la necesidad de mejorar los procesos constructivos, o bien, aminorar la cantidad de pasos a seguir para finalizar proyectos de construcción de manera exitosa, ya que, en la rama antes mencionada es importante obtener los mejores costos en el menor tiempo posible, para que ninguno de los elementos a considerar durante su desarrollo afecte la planificación del proyecto, siendo uno de los más importantes, el conocimiento del tipo de suelo en el cual se va a construir.

Por ser Venezuela un país tropical con actividad sísmica, para construir en sus territorios se debe conocer principalmente cada uno de los componentes de los suelos, además de las características físicas y químicas de los mismos. A partir de la obtención de dichos factores se decide qué proceso constructivo debe ser llevado a cabo, cuánto tiempo se necesitará, los recursos económicos necesarios y quiénes deberán participar en el mismo. En la actualidad, existen normas que estipulan qué tipo de construcción será más adecuado para un tipo de suelo en específico, además de todos los criterios que deben tomarse en cuenta a la hora de realizarlas de tal manera que se obtengan buenos resultados durante y después del proceso de estructuración y ejecución de obras civiles.

Dentro de esta perspectiva, la mecánica de suelos juega un papel fundamental, debido a que se encarga de todo el conjunto de estudios y ensayos que permiten descubrir y describir cómo está constituido el suelo. En la actualidad existen una numerosa cantidad de estudios, ensayos, entre otras prácticas que permiten definir las variables mencionadas anteriormente; sin embargo, generalmente se trata de prácticas que requieren invertir mayor cantidad de tiempo y dinero de la que se desea

en las proyecciones. En relación con las implicaciones que traen consigo los diferentes estudios de suelos, han surgido nuevas herramientas que pueden ser transportadas fácilmente y permiten conocer dichas características en menor tiempo.

Cabe destacar, dentro de esta gama de ensayos o herramientas que permiten facilitar el proceso constructivo, que en el año 1959 comienza el estudio y desarrollo del penetrómetro dinámico de punta cónica, denominado DCP por sus siglas en inglés (Dynamic Cone Penetrometer), con el cual se realiza el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL). Además, partiendo de su uso práctico y económico, se evalúan los terraplenes conformados, paquetes estructurales existentes, valores estimados de CBR (California Bearing Ratio), contenido de humedad, peso específico seco, entre otros factores que permiten conocer las características de los suelos, y, por ende, hacer una clasificación para determinar qué tipo de procedimiento será el más adecuado. Por dicha razón, la investigación está centrada en la elaboración de un equipo para ensayos DPL, el cual, se separa en los siguientes capítulos:

Capítulo I: se desenvuelve el planteamiento del problema y objetivos de la investigación, las consideraciones generales, donde se describe toda la información referente a las normativas que se encargan de establecer las especificaciones y propiedades con las que debe contar el equipo que se desea elaborar, además de los pasos a seguir para realizar el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL).

Capítulo II: este capítulo contiene el marco teórico del trabajo de grado, donde se desarrollan parte de los conceptos básicos sobre suelos, los sistemas de clasificación de suelos más resaltantes, la descripción del DCP junto con cada una de sus partes, así como también el ensayo de

penetración dinámica ligera. Asimismo, se presentan los diferentes antecedentes sobre el tema.

Capítulo III: refleja las estrategias metodológicas que se utilizarán, el nivel que tendrá la investigación, las técnicas de recolección de datos y los instrumentos empleados, posteriormente se presenta la descripción de las técnicas, herramientas de procesamiento y análisis de datos necesarios para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Capítulo IV: se muestran los resultados de la investigación, donde se plasma el proceso de estructuración del penetrómetro dinámico de punta cónica, el manual de usuario necesario para la utilización del mismo, los datos obtenidos a partir de la realización del ensayo de penetración dinámica ligera para probar el funcionamiento del equipo, de manera que el cumplimiento de cada uno de los objetivos sea demostrado.

Capítulo V: finalmente en este capítulo, se describen las conclusiones de todo el proceso investigativo, presentándose en función de los objetivos planteados, junto con una serie de recomendaciones que servirán como guía para los profesores o estudiantes que utilizarán en campo esta herramienta práctica, además de servir como base para futuros proyectos de elaboración de equipos para el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La realización de obras de construcción requiere la implementación de diversos ensayos para saber qué tipo de procedimientos y planificación serán necesarios en un proyecto, siendo los ensayos de suelos totalmente imprescindibles, ya que a través de ellos se conocen las propiedades o características físicas y mecánicas de los suelos, las cuales permiten definir de manera específica la clasificación de los mismos, además de la resistencia del terreno sobre el cual se desea construir, entre otras variables necesarias para el desarrollo de infraestructuras de obras civiles.

Si bien es cierto, en la actualidad existe una diversa variedad de ensayos para la determinación de las propiedades de los suelos, los cuales pueden ser realizados en mayor o menor tiempo, dependiendo de su grado de dificultad y la escala del proyecto en cuestión; dentro de ese marco se ubica el ensayo dinámico de penetración ligera, por sus siglas en inglés DPL (Dynamic Probing Light), el cual se lleva a cabo mediante la utilización de un DCP (Dynamic Cone Penetrometer) o Cono Dinámico de Penetración Ligera. Como su nombre lo indica, es dinámico, fácil de transportar y ligero a la hora de su ejecución, tratándose de una varilla de acero con punta cónica, que posee un martillo de 8 kg a 10 kg que se deja caer a 50cm de altura aproximadamente, para la aplicación de golpes. Esta herramienta determina la capacidad de soporte in-situ de capas superiores de la tierra en forma rápida y precisa.

En la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, llama la atención el hecho de que hasta el día de hoy no se cuenta con un lugar para

instruir a los estudiantes de Mecánica de Suelos (laboratorio) sobre los diferentes tipos de ensayos vigentes en la actualidad. Por ello, se hace necesaria la elaboración de este equipo para la clasificación de suelos, de manera que se pueda contar con herramientas para permitir al estudiante relacionar de manera práctica y teórica los conceptos impartidos, además de ensayos necesarios en el laboratorio, correspondientes al contenido programático de la asignatura mencionada.

En atención a la problemática expuesta, fue seleccionado el penetrómetro o equipo utilizado en el ensayo dinámico de penetración ligera (DPL) para su fabricación y posterior implementación en el laboratorio de Mecánica de Suelos (Código:070-4273) de la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, el cual será manipulado por el profesor a cargo y los alumnos, según sea el caso, ya que el uso del mismo tiene un menor grado de dificultad en comparación a otros ensayos destinados a la clasificación de suelos in situ.

Según lo planteado, la investigación se centrará en fabricar un penetrómetro (DCP: Dynamic Cone Penetrometer), cuyo diseño será obtenido a través la revisión bibliográfica, en la que se ubicaron las características físicas del mismo, los elementos necesarios para su elaboración y determinación de los costos en relación a la disponibilidad de los recursos necesarios para la clasificación de suelos. Además de la elaboración de un manual de uso, basado en la normativa ASTM D6951-03 para llevar a cabo ensayos de Penetración Dinámica Ligera.

Finalmente, la nomenclatura de clasificación de los suelos estará definida por el Sistema de Clasificación Universal de Suelos (SUCS), actualmente estandarizada como ASTM D2487-93, partiendo del Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO M-145. Luego de la elaboración en conjunto del penetrómetro necesario en el ensayo de penetración

dinámica ligera (DPL) y el manual de uso, se realizarán las respectivas pruebas para verificar que este cuente con las condiciones necesarias para ser utilizado, además de comprobar que el equipo es realmente eficaz durante este tipo de práctica.

En cuanto a la realización de otras investigaciones referentes al tema de estudio, podemos mencionar que Guamán y Pérez. (2016), indican en su trabajo de investigación la precisión del penetrómetro a la hora de realizar el ensayo dinámico de penetración ligera (DPL), obteniendo así en menor tiempo y mejores estimaciones, el tipo de suelo presente en un proyecto de obra civil, además acotan que este ensayo es realizado a nivel mundial desde hace mucho tiempo. Del mismo modo, debido a su antigüedad, practicidad in situ y fácil interpretación, es considerado como una herramienta de primer orden en la Ingeniería Civil.

Visto de esta forma, este trabajo busca brindar tanto a los docentes como a los alumnos de mecánica de suelos nuevas herramientas que puedan servir de ayuda en su proceso de aprendizaje, además de conocer nuevos ensayos dinámicos, de manera que la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, cuente con estudiantes capaces de ejercer labores reales y de menor dificultad que permitan un mejor desempeño en el campo de la Ingeniería Civil. Del mismo modo, servirá como orientación para la futura elaboración de otros equipos necesarios para el laboratorio de mecánica de suelos y demás asignaturas prácticas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Fabricar un equipo de ensayo DPL para la clasificación de suelos, para la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las características físicas y técnicas del equipo DPL.
- Describir las dimensiones y materiales requeridos para la construcción del equipo DPL.
- Producir el equipo para el ensayo dinámico de penetración ligera (DPL), según especificaciones en la norma ASTM-D9651-03.
- Analizar mediante tablas Excel el costo total de producción para el equipo DPL.
- Establecer mediante pruebas de campo la apreciación y calibración del equipo, según la norma ASTM-D9651-03.
- Elaborar un manual de uso del penetrómetro para la realización de ensayos DPL.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Partiendo de la revisión bibliográfica se encontraron investigaciones que sirvieron de orientación para el proceso de elaboración del proyecto de investigación, debido a que su contenido y metodología se encuentran estrechamente relacionados con la temática planteada anteriormente. Además, dieron a conocer las variables que aún no habían podido ser definidas y otros puntos de interés.

Toledo y Millán (2016), a partir del conocimiento de cada una de las características o elementos necesarios para la elaboración del equipo de penetración dinámica ligera (DPL), realizaron el diseño y posterior construcción del mismo, adaptándolo a las necesidades de estudio solicitado. Además, luego de realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, concluyeron que el equipo era preciso, validado estadísticamente y práctico como lo expone el protocolo de uso. Los resultados también mostraron que el uso del prototipo en campo, es sensible para detectar diferencias en la resistencia mecánica del suelo. Esta investigación mostró de manera detallada los procesos respectivos y elementos necesarios para llevar a cabo el ensayo DPL, de manera que sirvió como referencia para la elaboración del manual.

Por su parte, Romero (2012), a través de un proceso investigativo, concluyó que existe mucha más información acerca del ensayo dinámico de penetración ligera (DPL) en la internet en comparación a los libros. Partiendo desde esa idea elaboró un trabajo de investigación en el cual describió el equipo de penetración ligera y, a través de un ensayo real, obtuvo los resultados sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo

en consideración, dejando como síntesis el dinamismo en el uso del penetrómetro, que va de la mano con la facilidad de traslado, precisión y manejo provechoso del tiempo. En todo caso, los resultados brindaron parte importante de los datos necesarios para la realización de este proyecto, ya que mostraron cómo construir un penetrómetro, además de cómo realizar un ensayo Dinámico de Penetración Ligera.

De igual manera, Denoia y Giubileo (2008), diseñaron un penetrómetro para trabajar en el laboratorio sobre costras de suelo generadas por lluvias simuladas, evaluaron la resistencia de penetración en cinco (5) profundidades de las capas. Los tratamientos de cobertura y de lluvia previa no tuvieron incidencia sobre la resistencia de penetración. El equipo fue construido en acero inoxidable y su diseño se orientó al trabajo con muestras acondicionadas en bandejas sobre las que se generaron costras a través de lluvias simuladas. El penetrómetro resultó adecuado para determinar la resistencia de penetración, operativamente sencillo y confiable en cuanto a la repetitividad de las mediciones. La afirmación anteriormente expuesta, junto a la información recolectada, resultaron adecuadas como guía de elaboración del penetrómetro para ensayos DPL.

Finalmente, la Revista de la Construcción (vol. 11, número uno (1)) presentó la nueva metodología para realizar el control de compactación en tranques de arena de relaves, ya consolidada, empleando el penetrómetro. El cual permitió determinar el grado de compactación in situ, además del espesor de las capas depositadas y la variabilidad tanto material como estructural que se presenta en este tipo de depósito. En todo caso los resultados hicieron parte fundamental para la reducción del riesgo de inestabilidad mecánica, principalmente ante el riesgo de licuefacción sísmicamente inducida e inestabilidad de taludes. Partiendo de este artículo se tomaron en consideración cada uno de los resultados

obtenidos en conjunto con el contexto de la operación, permitiendo conocer nuevas funciones que sirvieron de ayuda para lo que fue la elaboración del equipo para ensayos DPL.

2.2. Bases teóricas referenciales

2.2.1. Mecánica de suelos

Según Crespo (2004), es “la rama de la Mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos”. Por consiguiente, la afirmación anterior constata el hecho de que por muchísimo tiempo y por diversas razones el hombre ha estudiado el suelo sobre el que vive, presentando variadas teorías y métodos en la resolución de los problemas relativos al uso del mismo, señalando que hoy en día es cada vez más concluyente el hecho de que ningún ingeniero que sienta la responsabilidad técnica y moral de su profesión deja de efectuar un estudio de las condiciones del subsuelo cuando diseña estructuras, ya que eso conlleva dos características que se conjugan: seguridad y economía.

2.2.2. Suelos

El término “suelo” ha sido definido de diferentes maneras y su definición puede provenir del geólogo, agrónomo o ingeniero civil. Dicho esto, Lambe (1968), define “El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas constituye, de hecho, el único material disponible localmente, además, cuando el ingeniero emplea el suelo como material de construcción debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación y, luego, controlar su colocación en la obra, ya que una parte esencial de la tarea de un ingeniero es cerciorarse que las propiedades del material colocado correspondan a las supuestas del proyecto, teniendo en cuenta cualquier

diferencia entre las propiedades de la obra construida y las que se consideraron en el proyecto”.

2.2.3. Ensayo

Son pruebas que a partir de numerosos procedimientos permiten conocer las características físicas o químicas del elemento el cual ha sido sometido a dicha prueba o ensayo. Los ensayos son utilizados en diversas áreas de la producción e industrias para garantizar que el resultado obtenido finalmente sea el más favorecedor.

2.2.4. Ensayos de suelos

Son un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno, la cual resulta ser de vital importancia para la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de construcción. Cabe destacar que la determinación de las características de los suelos se ve orientada por diferentes criterios estipulados en las normas de clasificación de suelos.

2.2.5. Tipos de ensayos de suelos

- Ensayos de clasificación: a partir de los cuales se determina el tipo general de suelo y la categoría ingenieril a la que pertenece.
- Ensayos especiales: utilizados para determinar propiedades ingenieriles, tales como resistencia al corte, compresibilidad, y permeabilidad.

2.2.6. Aplicación de los ensayos de suelos

Algunas de las aplicaciones prácticas asociadas a la realización de ensayos de laboratorio que permiten caracterizar adecuadamente el suelo, son las siguientes:

- Reducción de la incertidumbre en el análisis de fundaciones y obras de tierra.
- Economía en el diseño, debido al empleo de factores de seguridad menores.
- Desarrollo de proyectos en sitios difíciles (terrenos altamente compresibles, potencialmente colapsables, expansivos, o licuables).
- Optimización de proyectos por el empleo de suelos como materiales de construcción (por ejemplo, en presas de tierra o terraplenes).
- Control de calidad de movimientos de tierras.

2.2.7. Clasificación de suelos

Debido a la gran cantidad de suelos existentes en la naturaleza, la Mecánica de Suelos ha desarrollado algunos métodos para clasificar los mismos, esto dependiendo del uso que se le vaya a dar al terreno, campo de aplicación, entre otros. Crespo (2004), menciona que “la existencia de variedad de sistemas de clasificación se debe, posiblemente, al hecho de que tanto el ingeniero civil como el geólogo y el agrónomo analizan el suelo desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, lo que es fundamental es el hecho de que cualquier clasificación que quiera abarcar las necesidades correspondientes debe estar basada en las propiedades

mecánicas de los suelos, ya que estas son elementales en las variadas aplicaciones de la ingeniería”.

De acuerdo a los requerimientos antes expresados, surgieron distintos métodos de clasificación de suelos como:

2.2.7.1. Clasificación de suelos según el tamaño de sus partículas

Cuyos resultados son obtenidos a través de la prueba de granulometría por sedimentación, donde se aplica el diagrama triangular de clasificación de suelos dado por la Comisión del Río Mississippi.

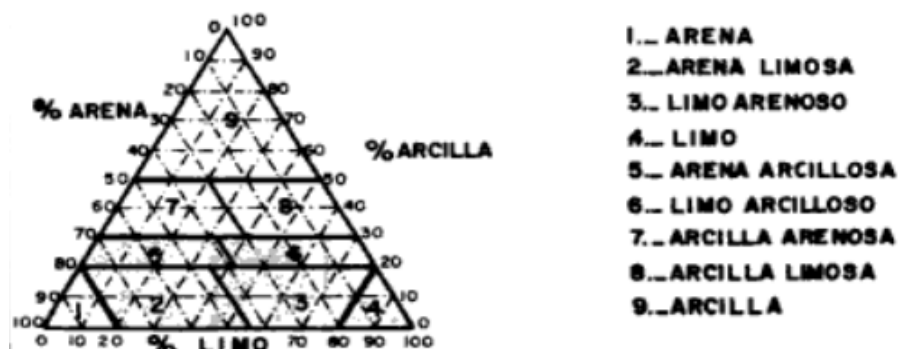


Figura 1. Diagrama triangular de clasificación de suelos.

Fuente: Crespo (2004). Editado por el autor.

El procedimiento consiste en tomar el porcentaje de arena, limo y arcilla sobre la escala del lado correspondiente del triángulo, se trazan tres rectas y el punto en común es el que da la clasificación del suelo. Esta clasificación es la más simple, pero no se relaciona con la totalidad de las características físicas del suelo, las cuales deben conocerse durante la realización de obras civiles.

2.2.7.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Es un sistema que fue presentado por Arthur Casagrande (1948), el cual consta de un tamizado de material por el tamiz número 200, el material retenido en el tamiz es considerado grueso, mientras que el que pasa se considera suelo fino. Para verificar que un suelo es grueso, debe observarse más del 50% de sus partículas retenidas en el tamiz número 200, si ocurre lo contrario, se denomina como suelo fino.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	
		GU			
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
			SU		
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW					
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	<p align="center">CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</p>	
		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 ⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFICIO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFICIO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Figura 2. Tabla de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)
Fuente: Norma ASTM-D2487-93. Editado por el autor.

Como puede observarse en la tabla, los suelos se designan por símbolos de grupo. Además, constan de prefijos, que se refieren a las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), mientras que los sufijos se refieren a las subdivisiones en dichos grupos.

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobrementemente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Figura 3. Tabla de clasificación de suelos según características.
Fuente: Crespo (2004). Editado por el autor.

Asímismo, en este sistema se muestran tablas que contienen características de materiales para terraplenes y suelos de cimentación, entre otros que resultan de gran ayuda en el campo de la construcción civil.

2.2.7.3. Sistema AASHTO para la clasificación de suelos

Este sistema se originó a partir de un programa desarrollado por Hogentogler y Terzaghi en 1929, basado en las características de estabilidad de los suelos. Dicho sistema fue modificado hasta obtener su última versión en el año 1942, actualmente vigente. En el sistema AASHTO, los suelos pueden clasificarse según ocho (8) grupos principales A-1 a A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, mientras que los incluidos en los grupos

A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. El grupo A-8, por su parte, incluye suelos como la turba, compostas orgánicas y otros suelos con alto contenido de materia orgánica, los cuales se identifican mediante inspección visual. La figura 4 muestra el cuadro que se emplea para aplicar el sistema AASTHO.

Clasificación (AASHTO)	Descripción	Clasificación Unificada (SUCS)	Densidad seca (kg/m ³)	CBR (%)	K (pci)
Suelos Granulares					
A-1-a bien gradado	Grava Arena gruesa	GW	2000-2240	60-80	300-450
A-1-a mal gradado		GP	1920-2080	35-60	300-400
A-1-b		SW	1760-2080	20-40	200-400
A-3	Arena fina	SP	1680-1920	15-25	150-300
Suelos A-2 (suelos con alto contenido de finos)					
A-2-4 gravoso	Grava limosa	GM	2080-2320	40-80	300-500
A-2-5 gravoso	Grava areno limoso				
A-2-4 arenoso	Arena limosa	SM	1920-2160	20-40	300-400
A-2-5 arenoso	Arena gravo limoso				
A-2-6 gravoso	Grava arcillosa	GC	1920-2240	20-40	200-450
A-2-7 gravoso	Grava areno arcillosa				
A-2-6 arenoso	Arena arcillosa	SC	1680-2080	10-20	150-350
A-2-7 arenoso	Arena gravo arcillosa				
Suelos Finos					
A-4	Limo, Mezcla limo/arena/grava	ML, OL	1440-1680 1600-2000	4-8 5-15	25-165* 40-220*
A-5	Limo mezclado	MH	1280-1600	4-8	25-190*
A-6	Arcilla plástica	CL	1600-2000	5-15	25-255*
A-7-5	Arcilla elástica moderadamente plástica	CL, OL	1440-2000	4-15	25-215*
A-7-6	Arcilla elástica altamente plástica	CH, OH	1280-1760	3-5	40-220*

Figura 4. Tabla de clasificación de suelos según AASTHO.
Fuente: Guía AASTHO M-145 (1998). Editado por el autor.

2.2.8. Tipos de ensayo de suelos según su ubicación

2.2.8.1. Ensayos In-situ

Se realizan directamente sobre el terreno, donde se busca trabajar con muestras extraídas directamente del suelo, evitando la dificultad de hacer llegar una muestra inalterada a un laboratorio.

2.2.8.2. Ensayos en laboratorio

Permiten estudiar las propiedades del suelo a través de muestras, lo más inalteradas posibles, provenientes del terreno objeto de análisis; y se realizan en ambientes controlados, dentro de un laboratorio. Son mucho más precisos y brindan información que los estudios "in-situ" no son capaces de obtener, pero también son más costoso en tiempo y dinero.

2.2.8.3. Auscultación

Su objetivo es evaluar el comportamiento del suelo periódicamente durante las fases construcción y explotación de una obra de ingeniería. Cabe destacar que este tipo de estudios resultan factibles, casi únicamente, para obras de gran tamaño (túneles, carreteras, puentes, entre otros).

2.2.9. Equipo utilizado para ensayo DPL

Según lo establecido en la norma ASTM-D6951-03, es utilizado un penetrómetro el cual consta de los siguientes componentes: una barra de acero de 16 mm (5/8") de diámetro, con una punta-cono recambiable, un mazo de 8 Kg. (17,6 lbs) el cual es soltado de una altura de 575 mm, un ensamblaje de acople y una empuñadura. La punta-cono tiene un ángulo de 60° y un diámetro en la base de 20mm (0,79").

Por norma general, el aparato se construye a base de acero inoxidable, sin embargo, también puede ser construido de un material similar como el hierro. Se recomiendan las siguientes tolerancias:

- Dimensión del peso del mazo de 8 Kg. (17,6 lbs); tolerancia = 0,01 Kg. (0,022 lbs).
- Dimensión del peso del mazo de 4,6 Kg. (10,1 lbs); tolerancia = 0,01 Kg. (0,022 lbs).
- Dimensión de la caída del mazo de 575 mm (22,6"); tolerancia = 1,0 mm (0,039").
- Medida de la punta-cono de 60°; tolerancia = 1°.
- Dimensión del diámetro base de la punta-cono de 20mm (0,79"); tolerancia = 0,25 mm (0,01").

Además, es posible usar una punta-cono desechable, que en este caso se sostiene por medio de un "O-ring", el cual permite que la punta-cono se desprenda fácilmente, cuando la barra guía es extraída luego de completar la prueba. El equipo utilizado para este ensayo genera mediciones constantes, por lo que pertenece a los ensayos del tipo "dinámico con registro continuo". Cabe destacar que este equipo mide la resistencia del terreno sólo en la punta y no a lo largo de las barras metálicas que componen el mismo. Se puede realizar una descripción breve de los elementos que constituyen al penetrómetro ligero de la siguiente manera:

- **Cono dinámico:** Pieza metálica cilíndrica de dimensiones estandarizadas, la cual está en contacto directo con el suelo, y se

utiliza para medir la resistencia a la hinca del suelo, entre otras características de los mismos.

- **Martillo o martinete:** Pieza cilíndrica utilizada para generar la energía mecánica requerida para la hinca del cono. El martillo se utiliza gravitacionalmente.
- **Cabeza de golpe o yunque:** Pieza que recibe el impacto del martillo cuando es utilizado y cuyo objetivo es transmitir la energía producida hacia la punta del cono dinámico.
- **Varillaje:** Barras metálicas las cuales transmiten la energía producida por el martillo hacia el cono. Las barras se conectan desde el yunque hacia el cono cilíndrico, poseen una longitud de un metro y líneas de referencia cada diez (10) centímetros, esto con el objeto de facilitar el registro de datos.
- **Barra guía:** Pieza unida al yunque que permite dar la altura de caída requerida por el martillo y a su vez guía en su caída libre hacia el yunque.

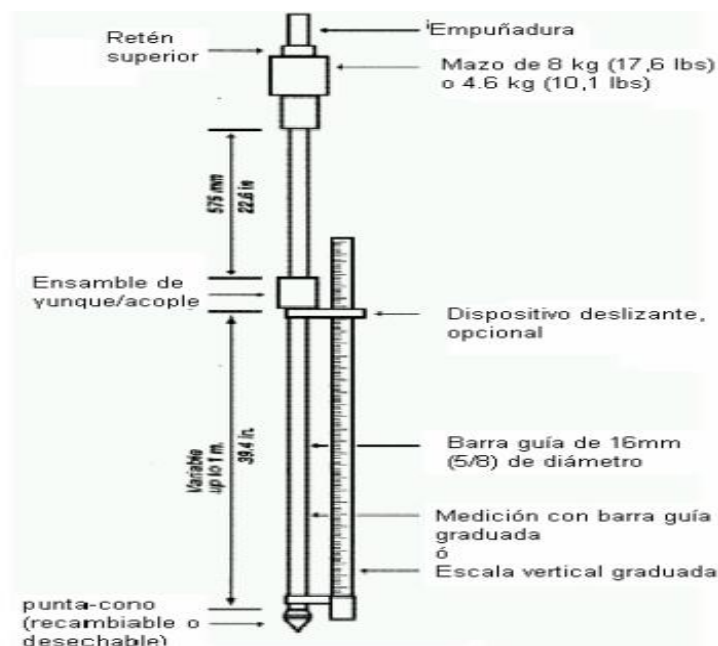


Figura 5. Esquema del equipo para ensayos DPL.
Fuente: Norma ASTM-D6951-03. Editado por el autor.

2.2.10. Ensayo Dinámico de Penetración Ligera

Tal como la norma ASTM-D9651-03 lo estipula, este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia en el sitio de suelos inalterados y/o compactados. La razón de penetración del DPL de 8 kg puede ser usada para estimar el CBR in situ (Razón de Soporte de California), para identificar espesores de capas, la resistencia al corte de estratos de suelo y otras características de los materiales. Existen otros métodos para DCP con pesos de mazos diferentes y con diferentes tamaños de punta-conos, los cuales tienen correlaciones que son únicas para esos instrumentos. El DCP de 8 kg se posiciona verticalmente y por esa razón es usado comúnmente en estructuras constructivas horizontales y terrenos.

Este instrumento se usa comúnmente para evaluar las propiedades de materiales ubicados hasta 1000 mm (39") por debajo de la superficie. La profundidad de penetración puede ser aumentada usando extensiones

de barras. Sin embargo, en caso que se usen extensiones de barras, debe tenerse cuidado a la hora de utilizar los cuadros de correlación para estimar otros parámetros, ya que estas correlaciones sólo son aptas para configuraciones específicas de DPL. El penetrómetro de 8 kg puede ser usado para estimar los parámetros de soporte de suelos finos y gruesos, materiales granulares de construcción y estabilizaciones pobres. Dicho equipo, no puede ser utilizado en materiales altamente estabilizados o cementados o para materiales granulares que contengan un alto porcentaje de agregados mayores que 50 mm (2").

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se muestran todos los aspectos relacionados con la metodología utilizada, con la finalidad de obtener la información necesaria; que fue la base sustentable para este trabajo. Se presenta el nivel de investigación dando lugar al tipo de investigación y sus lineamientos, los instrumentos y técnicas empleadas en la recolección de la información y los recursos implementados para lograr los objetivos de la investigación.

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue experimental, ya que se fabricó una herramienta de trabajo mediante las especificaciones presentes en la Norma ASTM-D6951-03 y posteriormente fue verificado su funcionamiento mediante pruebas de campo. Además, se presentó como una alternativa para el desarrollo de investigaciones innovadoras, en este caso, el diseño de un equipo utilizado para llevar a cabo ensayos dinámicos de penetración ligera o DPL, para el laboratorio de Mecánica de Suelos, del Departamento de Ingeniería Civil, correspondiente a la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, Estado Anzoátegui. Su proceso no contó con dificultades mayores y al mismo tiempo sirvió de dotación para la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, en pro a la formación de ingenieros civiles lo suficientemente capacitados para actividades en el campo constructivo.

Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que:

“Una investigación del tipo experimental es un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más

variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador” (Página 129).

3.2. Nivel de investigación

De acuerdo al nivel, se trató de una investigación explicativa, la cual se encargó de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Del mismo modo, este proyecto adoptó el nivel explicativo ya que, fue necesario probar el equipo que se elaboró para determinar el funcionamiento y exactitud del mismo. Además, se detallaron y describieron tanto los procedimientos de diseño, como de uso del instrumento, utilizando el ensayo de penetración ligera o por sus siglas en inglés DPL, al igual que se desarrolló un manual que contempla las generalidades y metodologías de uso del equipo.

Según Arias (2016), la investigación explicativa:

“Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de la hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”. (Página 26)

3.3. Técnicas a utilizar

Partiendo de la finalidad de este proyecto, se realizó una investigación adecuada, con el objetivo de obtener información eficaz y

certera sobre cada uno de las variables que fueron necesarias para llevar a cabo la elaboración de este equipo, tomando en cuenta, además, el desarrollo del manual para los usuarios del mismo.

3.4. Revisión documental

Se obtuvo información de importancia sobre las características y puntos relevantes en el proyecto de estudio. Se consultaron distintas referencias bibliográficas, manuales, normas y proyectos anteriores para la elaboración de nuevos criterios, considerando los elementos necesarios para realizar un diseño del equipo y manual óptimos para el ensayo DPL, tales como las normas internacionales:

- ASTM-D2487-93, Clasificación de Suelos para Propósitos de ingeniería.
- ASTM-D6951-03, Método de Ensayo Estándar para el Penetrómetro Dinámico de Cono.
- AASHTO M-145, Guía de Clasificación de Suelos.

3.5. Observación directa

Esta técnica se utilizó para realizar una evaluación general de las propiedades de los diferentes materiales con los cuales fue construido el equipo. Además, estos fueron definidos a través de tablas de materiales que mostraron cuál era el más adecuado para el diseño del equipo, tomando como principales características, la durabilidad del material y el costo. Del mismo modo, el manual de uso fue elaborado y en él se reflejó una idea clara, concisa y eficaz para el usuario.

3.6. Análisis de contenido

Esta técnica se empleó para el análisis los criterios establecidos en la bibliografía relacionada a la Mecánica de Suelos, de tal manera se logró diseñar de forma adecuada del penetrómetro y se conocieron cada uno de los procesos necesarios para llevar a cabo el ensayo de penetración dinámica ligera, así fue disminuida la probabilidad de tener fallas durante la relación de datos.

3.7. Herramientas computacionales

- Computador portátil COMPAQ Presario CQ57, para redacción digital e investigación del proyecto.
- Dispositivo de almacenamiento masivo (pendrive) de 4.0 Gigabytes para almacenar las normas, documentos, libros, entre otros elementos digitales que se necesitan.
- Software de Microsoft Office (Word y Excel) para el manejo adecuado de la información digital.
- Cámara fotográfica con la que se documentó el proceso de elaboración.

3.8. Procesamiento de datos

A partir de esta técnica, se tomaron los datos obtenidos durante el ensayo de prueba del equipo de mecánica de suelos para su posterior análisis. Cabe destacar que estos datos son tabulados en función a los parámetros del ensayo.

3.9. Maquinarias, equipos e instrumentos de medición

Herramientas de oficina tales como borradores, lápices, bolígrafos, hojas de papel bond tipo carta, cuaderno de anotaciones, entre otros que tienen la finalidad de llevar un control en físico de todos los factores que surgieron durante el proceso. Instrumentos de medición como la regla, vernier, cinta métrica, herramientas mecánicas como la máquina de soldar, tornos, esmeril y cortadoras que garantizaron el diseño del penetrómetro.

CAPITULO IV

ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

4.1. Características físicas y técnicas del equipo DPL

La exploración de suelos sirve mucho al ingeniero para conocer información relevante sobre los estratos existentes en el suelo que se explora, para posteriormente determinar la utilidad que corresponda en la construcción civil, garantizando el buen diseño y funcionamiento de la misma. Por ello, es fundamental realizar estudios de suelos con antelación, siempre buscando la colaboración de las ciencias, que en muchos casos pueden brindarnos información de provecho.

El penetrómetro de cono dinámico es una herramienta de fácil transporte, cuya elaboración es económica, puesto que consiste en dos fustes o varas de 16mm de diámetro que son ensambladas cerca del punto central del equipo y están hechas de hierro. La vara más baja contiene un yunque que sirve para evitar que la pesa vaya hasta la barra guía o inferior y una punta cónica que atraviesa el suelo luego de dejar caer la pesa, también hecha de hierro, contenida en la vara superior hacia el yunque.

El equipo DPL permite conocer la resistencia del subsuelo, la cual se determina a través de la medida de penetración de la vara más baja después de cada caída o golpe de la pesa, cuya medida será expresada en milímetros por golpe y se conoce como el índice de penetración del DCP o DPI. El índice de penetración DPI puede ser cotejado con la profundidad para identificar y conocer el CBR (California Bearing Ratio), valor que se utilizará como punto de referencia para su comparación con la tabla de clasificación de suelos del Sistema AASHTO y así determinar el tipo de suelo que está siendo objeto de estudio.

4.2. Dimensiones y materiales requeridos para la construcción del equipo DPL

Según lo estipulado en la norma ASTM-D6951-03, el penetrómetro de cono dinámico debe tener una altura total de 180cm para cumplir con sus funciones de diseño y cada una de sus partes debe tener las siguientes dimensiones:



Figura 6. Dimensiones del penetrómetro dinámico de cono.

Fuente: autor.

- **Mango o empuñadura:** está ubicado a los extremos de la pesa y es utilizado para sostenerla, de manera que esta pueda ser levantada durante el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL).

Se recomienda que esta empuñadura sea de al menos 10cm a cada lado para lograr un mejor agarre.

- **Pesa o martillo (mazo):** La pesa de 8kg es manualmente llevada hacia arriba hasta quedar situada debajo del yunque superior, para luego soltarla desde ahí (caída libre) de manera que, transfiera la energía necesaria a través de la vara inferior hasta la punta cónica, guiada por la vara superior.
- **Vara superior:** tiene un diámetro de 16mm y a través de ella se mueve la pesa o martillo. La longitud de esta vara es de 800mm permite al martillo moverse en una longitud de 575mm.
- **Yunque:** el yunque funciona como el mecanismo encargado de detener la pesa o martillo, para que esta no pase de una barra a otra o se desincorpore del equipo. Además, sirve como conexión entre las varillas superior e inferior gracias a su rosca interna. También permite desarmar el DCP, de manera que su tamaño pueda ser reducido para posteriormente ser transportado.
- **Vara inferior:** También de 16mm de diámetro, mide de 900 a 1200mm de largo, marcada cada 100mm para mostrar los datos de la penetración en cada lectura.
- **Punta cónica:** el cono cuenta con 20mm de diámetro. La punta cónica de 60° es la predeterminada según norma, pero también puede ser usada la de 30° cuando se trata de medidas del índice de penetración en suelos más duros.

La combinación entre las varillas, el yunque y la punta cónica tiene un peso de aproximadamente 3.1kg. El penetrómetro o DCP, excepto la

pesa o martillo son construidos comúnmente en acero inoxidable para prevenir la corrosión. En caso de no ser utilizado el acero inoxidable, el equipo debe ser de hierro, ya que es el único material, además del acero, que cumple con la resistencia necesaria para este tipo de práctica. Además, es recomendable realizar el recubrimiento del hierro con pinturas anticorrosivas que puedan evitar la oxidación del material. Este debe limpiarse y secarse después de cada vez que sea usado para posteriormente ser almacenado y prevenir su deterioro u oxidación.

4.3. Producción del equipo para el ensayo dinámico de penetración ligera (DPL)

Partiendo de la investigación realizada, se ubicaron las barras de hierro con las dimensiones requeridas, los materiales para la pesa y los yunques, también de hierro, y se comenzaron las labores de producción del equipo, realizadas en un torno donde dos operadores se encargaron de comenzar con el corte de la barra de 2000mm de largo y 16mm de diámetro en dos partes, para obtener la barra guía y la barra donde se mueve la pesa o martillo. Ver figura 7.



Figura 7. Corte de la barra.

Fuente: autor.

Posteriormente, los operadores con ayuda del torno ejecutaron las labores necesarias para obtener las roscas tanto internas como externas, en cada una de las barras, las cuales serán indispensables a la hora de ensamblar y desarmar el equipo correctamente. Del mismo modo, se confeccionó la punta cónica que va en la parte inferior del equipo y se encarga de penetrar el suelo con cada golpe del martillo a través de la barra guía, además de las arandelas que funcionarán como yunque en el equipo.

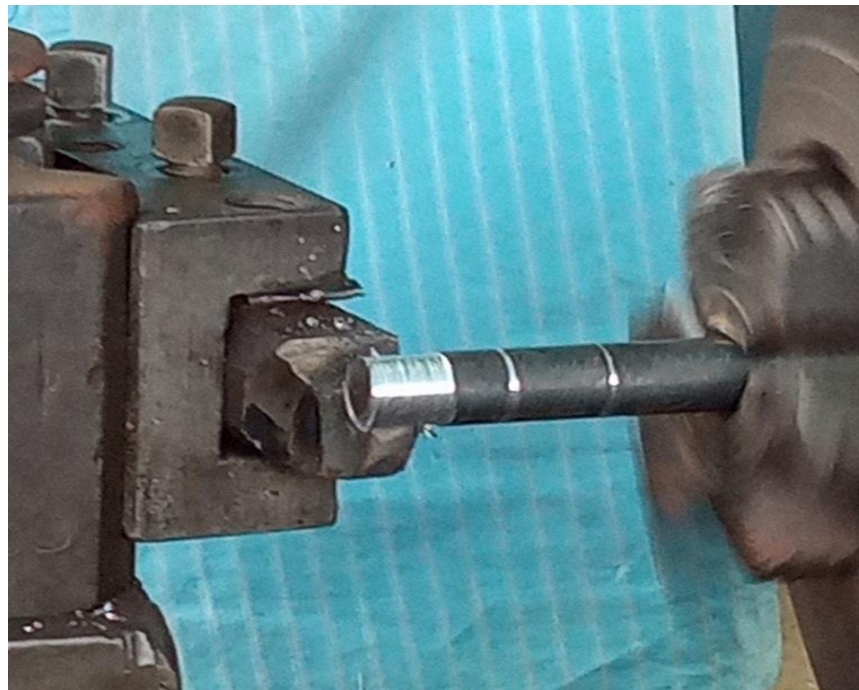


Figura 8. Fabricación de las roscas en las barras.

Fuente: autor.



Figura 9. Fabricación de las roscas en las barras.
Fuente: autor.



Figura 10. Prueba de ensamblaje de roscas de las barras.
Fuente: autor.



Figura 11. Fabricación de la punta cónica.
Fuente: autor.



Figura 12. Construcción de arandelas (yunques).
Fuente: autor.

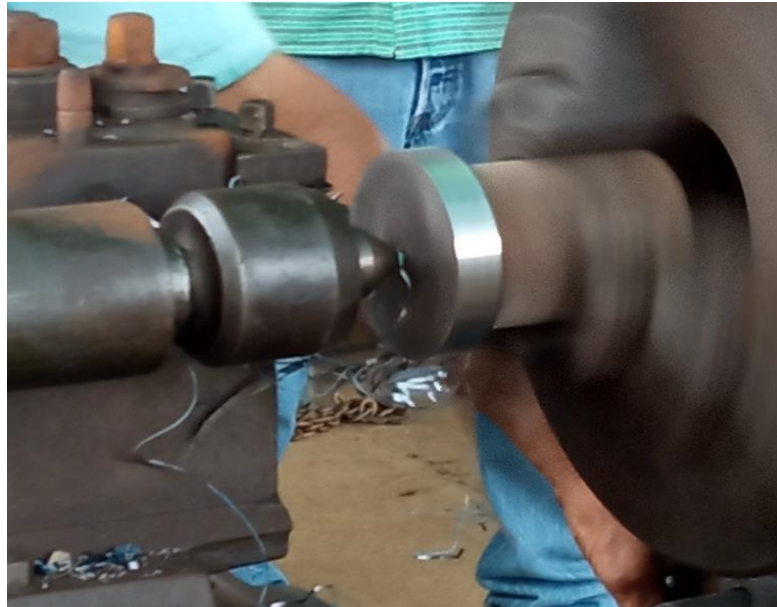


Figura 13. Construcción de arandelas (yunques).
Fuente: autor.

Para continuar con la producción del equipo, se incorporaron las piezas destinadas a constituir el peso de 8kg necesarios en el martillo, mediante la soldadura de ambos elementos. Seguidamente, se incorporó un tubo de 25,4mm de diámetro en ambos lados de la pesa, previamente dividido en dos partes de 200mm, para ser utilizados como empuñaduras para sostener la pesa y realizar el ensayo con mayor facilidad.



Figura 14. Pesa o martillo correctamente soldada.
Fuente: autor.



Figura 15. Soldadura de los mangos de agarre para la pesa.
Fuente: autor.

Finalmente, se realizó el marcaje de la barra guía cada 10cm o 100mm, las partes del equipo se limpiaron y pintaron cuidadosamente con aluminio difuso, el cual cumple la función de evitar la corrosión por oxidación en el material antes y durante los ensayos, ya que el hierro fue el material utilizado para la confección del penetrómetro de cono dinámico.



Figura 16. Proceso de medida y marcaje de la barra guía.
Fuente: autor.



Figura 17. Proceso de pintura para los elementos que forman parte del equipo.
Fuente: autor.

4.4. Análisis del costo total de producción para el equipo DPL

Para la elaboración de cualquier proyecto, es necesario analizar el resultado de la obra en moneda o costo de la misma, de acuerdo a las actividades requeridas para su ejecución. Además, en todo proyecto es indispensable tener un presupuesto, el cual se obtiene al sumar los presupuestos unitarios para el cumplimiento de cada actividad, y a su vez cada uno de ellos está formado por partidas.

Durante el proceso del análisis de precio unitario se utilizó el programa Excel, ya que este nos permite un control preciso de los proyectos u obras con las facilidades que le brinda el ambiente operativo Windows. Este programa tiene la capacidad de organizar y calcular mediante fórmulas cada uno de los aspectos que deben ser considerados en cualquier análisis de precio unitario (A.P.U) utilizando su hoja de cálculo.

Los insumos (materiales, equipos y mano de obra), estructuran las partidas que conforman los presupuestos. Particularmente, los costos de los insumos son actualizables, o pueden modificarse bien sea en la base de datos maestra o en un presupuesto en particular, sin afectar otros presupuestos en la misma base de datos. Para la construcción del equipo de mecánica de suelos, se establecieron nueve partidas o nueve actividades que arrojan un total de \$109 (dólares) aproximadamente, lo cual puede variar dependiendo de dónde se ubiquen los materiales y de la producción en masa del equipo, tal como se muestra en el presupuesto general en los anexos del proyecto. La hoja de cálculo Excel y cada una de sus partidas se encuentran anexadas en el apéndice B.

4.5. Apreciación y calibración del equipo

4.5.1. Método indirecto

De acuerdo a la observación directa, tomando en cuenta las características físicas del suelo y la revisión documental realizada, el suelo presente en la zona del Municipio Pedro María Freites, presenta mesas de origen aluvial, integradas por gravas, arcillas y arenas que se manifiestan de forma estratificada y han estado en constante cambio por el surgimiento de nuevas sedimentaciones. Además, el proceso de erosión subsiste y los materiales arrastrados tienden a cubrir las tierras bajas situadas al pie de las mesas.

4.5.2. Método directo

Con la finalidad de verificar el buen funcionamiento del equipo, responder los requisitos establecidos en las normas y garantizar la fiabilidad, se realizó la prueba de ensayo en las inmediaciones de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, específicamente dentro de las instalaciones del Matadero Municipal, ya que pudimos observar que el lugar presentaba un área limpia, segura e inalterada, así que se procedió a realizar las evaluaciones pertinentes.

Cabe destacar que durante el procedimiento es necesaria la implementación de los elementos de seguridad, como lo son botas y guantes de seguridad.



Figura 18. Botas de seguridad.
Fuente: autor.



Figura 19. Guantes de seguridad.
Fuente: autor.

MEMORIA DESCRIPTIVA	
Proyecto:	Ensayo DPL
Fecha:	01 de febrero de 2023
Ubicación:	Matadero Municipal, municipio Pedro María Freites.
<p>Observaciones: La presente Memoria Descriptiva trata lo que respecta al ensayo de penetración dinámica ligera (DPL), el cual fue realizado en el Matadero Municipal de la ciudad de Cantaura, capital del municipio Pedro María Freites, en el estado Anzoátegui. Dicho ensayo se llevó a cabo el día martes, 01 de febrero de 2023, en la parte frontal del terreno, ya que cumplía con las características necesarias para esta práctica. Para el mismo, se utilizó el equipo requerido según norma, con capacidad de profundidad de 1m. El lugar del ensayo presenta un suelo de color oscuro debido a la materia orgánica que se encuentra en su superficie, producto de la vegetación que allí hace vida. En el área no hay presencia aparente de rocas, agregado grueso, o cualquier relleno que pueda entorpecer la práctica y ocasionar daños al equipo.</p>	
 <p>Suelo presente en el Matadero Municipal de Pedro Maria Freites</p>	
<p>Ubicación y límites: Lugar: Matadero Municipal Parroquia: Cantaura Municipio: Pedro María Freites Estado: Anzoátegui</p>	
 <p>Vista satelital de la ubicación del terreno</p>	

Tabla 1. Memoria descriptiva del ensayo DPL.

Fuente: autor.

En primer lugar, se realizó el reconocimiento del terreno donde se llevó a cabo el ensayo y se removió la capa vegetal existente en la superficie del mismo, para tener una mejor orientación y visibilidad. Posteriormente, se verificó el equipo para confirmar que se contaba con cada una de sus piezas y que las mismas se encontraran en perfecto estado.



Figura 20. Remoción de capa vegetal.
Fuente: autor.



Figura 21. Verificación del equipo.

Fuente: autor.

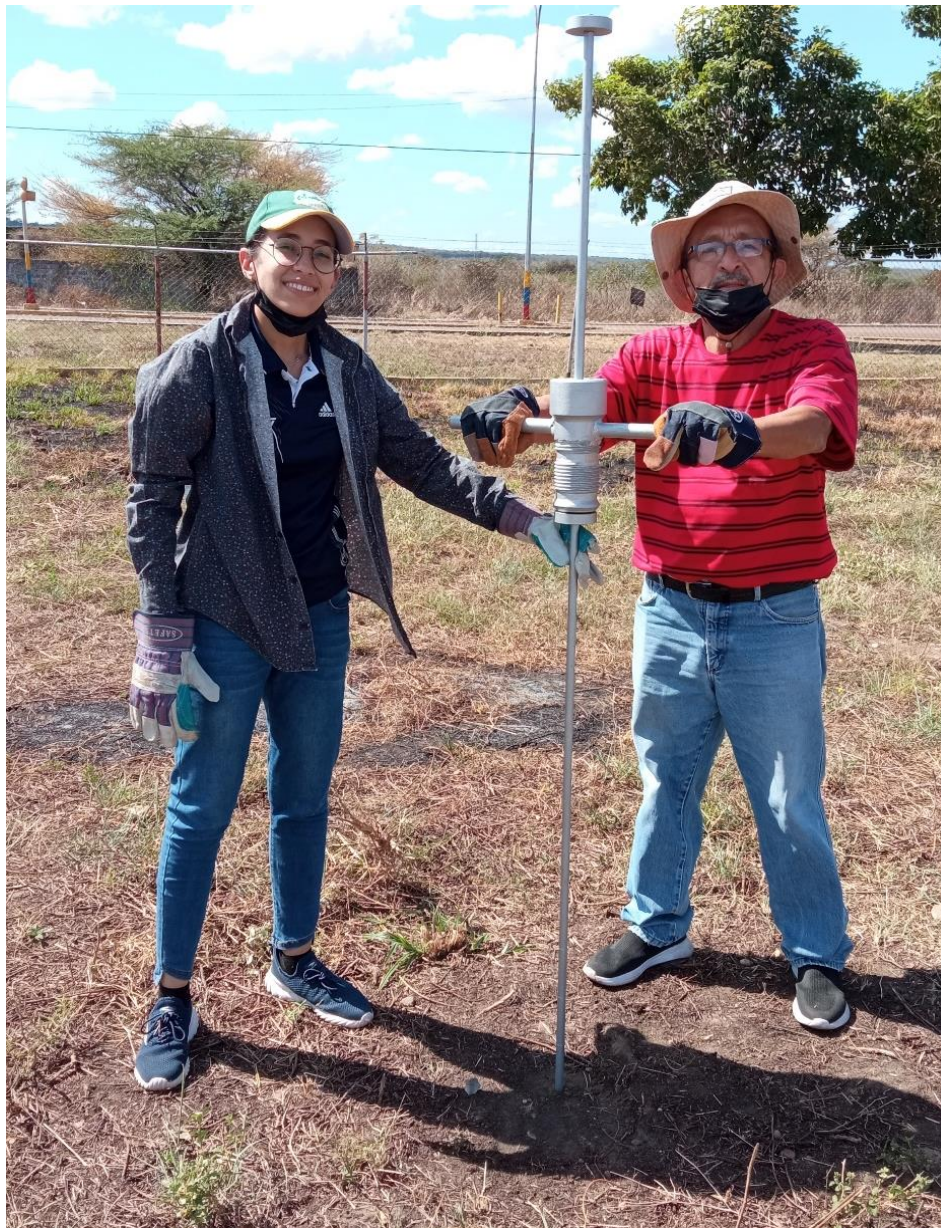
Una vez verificado el equipo, con la ayuda de otra persona se ensamblaron cuidadosamente las partes del mismo. Luego, se ubicó la punta cónica en la superficie del suelo, de manera que la misma se encontrara dentro del terreno. Seguidamente, se ubicó un individuo sosteniendo la parte inferior del equipo para evitar el movimiento lateral del mismo, y otro sosteniendo la pesa en la parte superior. Utilizando guantes y demás equipo de seguridad necesario se inició el ensayo, tomando notas del número de golpes necesarios para llegar a los 10cm o 100mm de marcaje indicados en el manual, según la norma ASTM-D9651-03.



Figura 22. Ensamblaje del equipo.
Fuente: autor.



Figura 23. Ensamblaje del equipo.
Fuente: autor.



**Figura 24. Colocación del equipo en el terreno.
Fuente: autor.**



Figura 25. Procedimiento de Ensayo DPL.

Fuente: autor.

Finalmente, se ubicaron en la hoja de datos las anotaciones obtenidas y se realizaron los cálculos propuestos para obtener el valor del California Bearing Ratio (CBR), necesario para conocer el tipo de suelo.

#	Cantidad de golpes ^A	Penetración acumulada (mm) ^B	Penetración entre lecturas (mm) ^C	Penetración por golpe (mm) ^D	Factor de martillo ^E	Índice DCP (mm/golpe) ^F	CBR ^G	Humedad % ^H
1	3	100	100	33.33	1	33.33	8.76	-
2	4	200	100	25	1	25	11.68	-
3	4	300	100	25	1	25	11.68	-
4	4	400	100	25	1	25	11.68	-
5	6	500	100	16.67	1	16.67	17.52	-
6	7	600	100	14.29	1	14.29	20.43	-
7	9	700	100	11.11	1	11.11	26.28	-
8	11	800	100	9.09	1	9.09	32.12	-
9	15	900	100	6.67	1	6.67	43.78	-
10	17	1000	100	5.88	1	5.88	49.65	-

Tabla 2. Tabla de resultados del ensayo DPL.

Fuente: autor.

Donde:

- A: Cantidad de golpes del mazo entre lecturas del ensayo
- B: Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo
- C: Diferencia en la penetración acumulada entre lecturas
- D: Penetración entre lecturas dividida por Cantidad de golpes. (C/A)
- E: Se anota 1 para el mazo de 8kg

F: Penetración por golpe multiplicada x Factor de martillo. (D*E)

G: De la correlación entre el CBR y el índice DCP, la cual viene dada por la fórmula:

$$\mathbf{CBR = 292/DCP}$$

H: Contenido de humedad cuando se disponga de este valor.

Posteriormente, se calcula un CBR general del suelo, ya que, como se puede observar en la tabla 2 los golpes iban en aumento (sin presentar rechazo), esto debido a la humedad del suelo, sin embargo, seguía manteniendo el mismo estrato ya que no existía una diferencia considerable entre la cantidad de golpes de una lectura y otra, a 1m (1000mm) de profundidad. Haciendo un promedio del mismo, se obtuvo como resultado:

$$\mathbf{CBR = 24.5}$$

Partiendo de dicho valor, se ubicó la tabla de clasificación de suelos del Sistema AASHTO para visualizar qué tipo de suelo cuenta con una resistencia o CBR aproximado al valor resultante en el ensayo:

Clasificación (AASHTO)	Descripción	Clasificación Unificada (SUCS)	Densidad seca (kg/m ³)	CBR (%)	K (pci)
<i>Suelos Granulares</i>					
A-1-a bien gradado	Grava Arena gruesa	GW	2000-2240	60-80	300-450
A-1-a mal gradado		GP	1920-2080	35-60	300-400
A-1-b		SW	1760-2080	20-40	200-400
A-3	Arena fina	SP	1680-1920	15-25	150-300
<i>Suelos A-2 (suelos con alto contenido de finos)</i>					
A-2-4 gravoso	Grava limosa	GM	2080-2320	40-80	300-500
A-2-5 gravoso	Grava areno limoso				
A-2-4 arenoso	Arena limosa	SM	1920-2160	20-40	300-400
A-2-5 arenoso	Arena gravo limoso				
A-2-6 gravoso	Grava arcillosa	GC	1920-2240	20-40	200-450
A-2-7 gravoso	Grava areno arcillosa				
A-2-6 arenoso	Arena arcillosa	SC	1680-2080	10-20	150-350
A-2-7 arenoso	Arena gravo arcillosa				
<i>Suelos Finos</i>					
A-4	Limo, Mezcla limo/arena/grava	ML, OL	1440-1680 1600-2000	4-8 5-15	25-165* 40-220*
A-5	Limo mezclado	MH	1280-1600	4-8	25-190*
A-6	Arcilla plástica	CL	1600-2000	5-15	25-255*
A-7-5	Arcilla elástica moderadamente plástica	CL, OL	1440-2000	4-15	25-215*
A-7-6	Arcilla elástica altamente plástica	CH, OH	1280-1760	3-5	40-220*

Figura 26. Tabla de clasificación de suelos del Sistema AASHTO.
Fuente: autor.

Se pudo observar en la tabla, que el ensayo arrojó un CBR correspondiente a una arena gravo limosa, donde a pesar de no contar con información de estudios de suelos previamente realizados en el área de estudio, el resultado concuerda, a su vez, con la información proveniente de la revisión bibliográfica realizada.

4.6. Elaboración del manual de uso del penetrómetro para la realización de ensayos DPL

El diseño del manual de uso para el equipo destinado al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura está constituido por información simple y clara, necesaria para desarrollar los ensayos. Cuenta con un marco teórico que especifica los principales conceptos que deben manejar tanto el profesor como los estudiantes, además de un listado de materiales utilizados que servirá de gran ayuda para identificar las partes del equipo.

Además, se especifica un paso a paso para la utilización del equipo. En el manual se establecen una serie de medidas a tomar en cuenta por el practicante. Del mismo modo, se le facilitarán las fórmulas necesarias para la ejecución del ensayo, y para mayor facilidad se anexan la información con la nomenclatura de las fórmulas. El manual de uso para la realización de ensayos DPL se encuentra en los anexos de este proyecto. Ver anexo A.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante la implementación del penetrómetro de cono dinámico (DCP) en el ensayo de penetración ligera (DPL), se obtienen valores que permiten calcular la capacidad de resistencia o California Bearing Ratio (CBR), con la cual se puede conocer el tipo de suelo que está siendo objeto de estudio. Además, por cada una de sus características físicas y técnicas, el equipo DPL es una herramienta de fácil transporte, cuyo uso pretende brindar, en este caso a los estudiantes, nuevas maneras de obtener datos durante ensayos de suelos, en menor tiempo y con mayor facilidad.

Tomando en consideración cada una de las normas estipuladas para este proceso, se pudo determinar que la barra guía o inferior para el equipo DPL debe tener un metro (1000mm) de altura como mínimo y un marcaje cada 100mm para las lecturas; la barra superior debe ser de una medida que le permita a la pesa descender con una altura de 575mm. Por su parte, la pesa debe tener un peso de 8kg, con sus respectivas empuñaduras que logren un agarre con mayor comodidad durante el ensayo; un par de yunques para evitar que la pesa pueda salir del equipo o pasar de una barra a otra y, una punta cónica que pueda penetrar el suelo con facilidad. El material ideal para este tipo de equipo es el acero inoxidable, sin embargo, el hierro también es adecuado y cumple su función correctamente.

Posterior a la culminación del equipo para ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), se concluye que la fabricación de este requiere la utilización de tornos, máquina de soldar, esmeril, entre otras herramientas

que no pueden ser operadas por una persona sin experiencia, por lo que se necesita de operadores. Igualmente, es importante aplicar, en este caso, aluminio difuso o alguna pintura epóxica que pueda proteger y mantener la superficie del material para prevenir la corrosión.

Luego de fabricar el penetrómetro de cono dinámico, se pudo observar mediante el análisis de precio unitario realizado en Excel, que cada uno de los elementos para su elaboración, desde la mano de obra hasta los materiales de confección, no representan una inversión a grandes escalas en el ámbito monetario, con un monto total aproximado de 109 \$ (dólares), por lo que debe considerarse una alternativa económica para la ejecución y práctica de ensayos de suelos.

Con el objetivo de comprobar el funcionamiento del penetrómetro de cono dinámico (DCP), se llevó a cabo un ensayo DPL el cual arrojó un CBR que indicó un suelo de arena gravo limosa, el cual, según la revisión bibliográfica hecha sobre la zona de estudio y la observación directa del área utilizada, resultó ser acertado. Esto demuestra que el equipo está correctamente calibrado y listo para ser utilizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura.

Una vez realizadas tanto las pruebas pertinentes, como también verificada la capacidad del equipo, fue elaborado el manual de operación del equipo DPL, el cual se complementó con toda la información relacionada al equipo y sus características. Se concluyó, que dicho manual es de fácil interpretación y su implementación es fundamental para la puesta en marcha de los ensayos en el laboratorio. Así mismo, es tácito el hecho de la incorporación del equipo en la serie de dispositivos presentes para realizar las prácticas de laboratorio de mecánica de suelos en la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, por lo que el objetivo primordial del proyecto fue cumplido a cabalidad.

5.2. Recomendaciones

En pro al buen funcionamiento del equipo para el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, se recomienda a los estudiantes que participen en las prácticas, así como al personal docente acreditado, que lleven a cabo el respectivo mantenimiento del equipo antes y después de su uso.

Para garantizar un desempeño eficiente durante los ensayos, es recomendable seguir el manual de usuario anexo a este proyecto.

Es recomendable usar una hoja o block de notas para las anotaciones y luego introducirlas en la hoja de datos para su respectivo cálculo, de esta manera prevenimos que la hoja de datos original pueda ensuciarse o dañarse durante el ensayo.

Es importante que los individuos que lleven a cabo las prácticas utilicen el equipo de seguridad recomendado (guantes y botas), para evitar accidentes mayores, ya que algunas partes del equipo son pesadas y afiladas.

Se recomienda al personal docente asegurarse de que los estudiantes tengan conocimiento sobre el funcionamiento del equipo DPL antes de ser usado, de esa manera habrá una mejor retroalimentación y mejores resultados.

Para aumentar la calidad académica en el ámbito práctico de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, se recomienda promover la fabricación de otros equipos y las prácticas de laboratorio tanto en mecánica de suelos como en las demás asignaturas que así lo requieran.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alva, J. (2007). *Dinámica de Suelos*. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

American Society for Testing and Materials, (1993). *Unified Soil Classification System (ASTM-D2487-93)*. Pennsylvania, Estados Unidos.

Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación*. (Séptima edición). Editorial Espíteme. Sevilla, España

American Society for Testing and Materials, (2003). *Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications (ASTM-D6951-03)*. Pennsylvania, Estados Unidos.

American Association of State Highway and Transportation Officials, (1998). *Classification of Soil and Soil-Aggregate (AASHTO M-145)*. Washington D.C., Estados Unidos.

Campos, J. (2005). *Apoyo Didáctico al Aprendizaje de la Asignatura Mecánica de Suelos*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

Castañeda, L. (2014). *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*. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. (Quinta edición). Editorial Limusa, S.A. de C.V. Monterrey, México.

Denoia, J, Giubileo, G. (2008). *Penetrómetro para El Estudio del Suelo en Laboratorio*. Trabajo de Investigación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Argentina.

Guamán, O. (2016). *Estudio de la Correlación del CBR con Respecto al Ensayo Penetrómetro Dinámico en Diferentes Tipos de Suelos*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Hernández, R; Fernández, C y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (Sexta edición). Editorial McGraw-Hill-Interamericana Editores, S.A. de C.V. D.F, México.

Lambe, W. (1999). *Mecánica de Suelos*. (Segunda Edición). Editorial Limusa Wiley. Massachusetts, Estados Unidos.

Matute, O. (2013). *Aspectos Geohistóricos de Cantaura Desde 1740 Hasta el año 1900*. (Primera edición). Onoto, Venezuela.

Millán, Z; Toledo, V. (2016). *Construcción y calibración de un penetrómetro de impacto para medir los efectos del senderismo*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas, Venezuela.

Muelas, A. (2005). *Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. (Primera edición). Madrid, España.

Revista de la Construcción. (2012). *Control de Compactación con Penetrómetro Ligero en Tranques de Relaves, Considerando su Variabilidad Material y Estructural*. (Volumen 11).Escuela de Construcción Civil. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Romero, G. (1994). *El Uso del Penetrómetro Dinámica de Punta Cónica (DPL)*. Lima, Perú.

Terzaghi, K. y Peck, R. (1963). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. (Tercera edición). Editorial El Ateneo. Massachusetts, Estados Unidos.

Viscarra, F. (2006). *El Cono Dinámico de Penetración y su Aplicación en la Evaluación de Suelos*. Universidad Privada Boliviana. Cochabamba, Bolivia.

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	FABRICACIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO DPL PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS, PARA LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Solórzano G., María T	CVLAC	25.572.209
	e-mail	mariatsolorzanog@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

DPL
Suelos
Penetrómetro
Ensayo
Cono
CBR
Golpes
Lecturas

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

Fabricación de un penetrómetro de cono dinámico o DCP (Dynamic Cone Penetrometer) para su implementación en el ensayo de penetración dinámica ligera o DPL (Dynamic Probing Light), el cual permite obtener la resistencia de suelos (CBR) in situ. Cuyo valor cotejado con los resultados de las lecturas producto de la penetración de una punta cónica en el suelo, después de ser golpeada por una pesa de 8kg a través de un varillaje que contiene cada una de las partes del equipo, permite conocer el tipo de suelo en el área de estudio.

Luego el proceso investigativo, el cual fue de tipo experimental y nivel explicativo, se realizó una revisión documental, seguida de la observación directa para determinar qué tipo de material sería el más conveniente y adecuado en la fabricación del equipo DPL, por lo que fueron seleccionadas cuidadosamente cada una de sus partes. Posteriormente, se inició la producción del equipo siguiendo lo estipulado, fue ensamblado, probado y verificado su funcionamiento, destacando que será potencialmente útil para el aprendizaje de los ingenieros civiles en formación de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Ing°. Gabriel Velásquez	ROL										
		CA		AS	X	TU		JU			
	CVLAC	11.832.298									
	e-mail	gvelasquezcenteno@gmail.com									
	e-mail										
Ing°. Gonzalez, Anabel	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	16.573.233									
	e-mail	gonzalez85anabel@gmail.com									
	e-mail										
Ing°. Andreína Rodríguez	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	13.177.077									
	e-mail	Andreinarodriguez1403@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	03	13

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-TesisMaria.WORD	Aplication/word

Alcance:**Espacial:** UNIVERSAL**Temporal:** INTEMPORAL**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Extensión Cantaura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELLECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUMPELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Solórzano González, María Trinidad del Valle

AUTOR

Prof. Velásquez Gabriel

TUTOR