

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**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**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Gaby Catalina Perez Alarcon

ASESOR

Lucas Ludeña Gutierrez

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

Chiclayo, 2023

**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**

PRESENTADA POR

Gaby Catalina Perez Alarcon

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas

PRESIDENTE

Angel Antonio Ruiz Pico

SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres Irma Alarcon Llanos y Norvil Perez Castillo, hermanos, amigos y todas las personas que me brindaron su apoyo durante la carrera y en el desarrollo de mi tesis.

Agradecimientos

Empezar agradeciéndole a Dios por haberme brindado la salud, las fuerzas, la economía y la dicha de culminar la carrera realizando la presente investigación, así como también agradecerle a mi asesor el Ing. Lucas Ludeña Gutierrez, quien siempre amablemente me orientó durante el desarrollo de mi Tesis.

TESIS GABY PEREZ ALARCON

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

3

creativecommons.org

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

2%

6

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

7

repository.udistrital.edu.co

Fuente de Internet

1%

8

www.grafiati.com

Fuente de Internet

1%

9

repository.ucatolica.edu.co

Fuente de Internet

1%

Índice

Resumen	13
Abstract.....	14
Introducción.....	15
Marco teórico.....	17
Antecedentes.....	17
Internacional	17
Nacional.....	18
Local	19
Bases teóricas	21
Marco Legal.....	21
“Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones”.....	21
“NTP 339.127: 1998 (método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo)”.....	21
“NTP 339.128: 1999 (suelos. método de ensayo para el análisis granulométrico)”	21
“NTP 339.129: 1999 (suelos. método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo)”	21
“NTP 339.131: 1999 (suelos. método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo)”	21
Suelos Arcillosos	21
Definición:.....	21
Clasificación	22
Estructura del Suelo.....	22

Ensayos para Suelos	23
Ensayo de penetración estándar:	23
Procedimiento del Ensayo SPT	23
Equipos.....	24
Ensayo DPL.....	24
Procedimiento del ensayo de DPL	25
Equipos.....	25
Ensayo de Cono de Arena:	26
Ubicación geográfica del Proyecto.....	28
Chiclayo.....	28
Lugar de sondeo del Proyecto	28
Definición de Términos Básicos	30
Metodología.....	31
Tipo y nivel de Investigación	31
Diseño de Investigación	31
Población, muestra, muestreo.....	31
Criterios de selección	31
Operacionalización de variables.....	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
Técnicas.....	33
Fuentes.....	33
Instrumentos de recolección de datos.....	33

Programas de cómputo	33
Ensayos de Laboratorio	33
Granulometría.....	33
Límites de consistencia.....	35
Contenido de humedad	38
Absorción	38
Procedimientos	39
Plan de procesamiento y análisis de datos.....	40
Matriz de consistencia	41
Consideraciones éticas.....	42
Resultados.....	43
Ensayos de Laboratorio	43
Granulometría.....	43
Límites de consistencia.....	46
Contenido de Humedad	49
Peso Volumétrico	50
Compactación de Suelos.....	51
Ensayos in Situ	54
SPT (H=3m)	54
DPL (H=3m).....	55
DPL (H=0.5m).....	56
Cono de Arena (H=0.2m)	56

Correlación lineal de resultados de SPT y DPL	57
Correlación lineal de resultados de DPL y Cono de Arena	64
Discusión	66
Granulometría.....	66
Límites de consistencia.....	66
Ensayos in Situ	66
SPT (H=3m)	66
DPL (H=3m).....	67
DPL (H=0.5m).....	67
Cono de Arena (H=0.2m)	67
Correlación lineal de resultados de SPT y DPL	67
Correlación lineal de resultados de DPL y Cono de Arena	68
Conclusiones.....	69
Recomendaciones	71
Referencias	72
Anexos	74
Anexo: Ensayos de campo (logueo de calicatas, data de SPT, DPL y densidad de campo).....	74
Anexo : ensayos de laboratorio	83
Anexo : Análisis de correlaciones	89
Anexo : Planos de ensayos	107
Anexo v: Panel fotográfico.....	108

Lista de tablas

Tabla 1. Diámetros de los Tipos de Sonda	26
Tabla 2. Operacionalización de variables	32
Tabla 3. Matriz de Consistencia	41
Tabla 4. Análisis granulométrico de la Calicata 01	43
Tabla 5. Análisis granulométrico de la Calicata 02	44
Tabla 6. Análisis granulométrico de la Calicata 03	45
Tabla 8. Límites de Atterberg de la Calicata 01	46
Tabla 9. Límites de Atterberg de la Calicata 02	47
Tabla 10. Límites de Atterberg de la Calicata 03	48
Tabla 12. Contenido de Humedad de la Calicata 01, 02 y 03	49
Tabla 13. Peso Volumétrico de la Calicata 01 y 02	50
Tabla 14. Compactación de Suelos de la Calicata 01	51
Tabla 15. Compactación de Suelos de la Calicata 02	52
Tabla 16. Compactación de Suelos de la Calicata 03	53
Tabla 17. Resultados de ensayo SPT(H=3m)	54
Tabla 18. Resultados de ensayo DPL(H=3m)	55
Tabla 19. Resultados de ensayo DPL(H=0.5m)	56
Tabla 20. Resultados de ensayo Cono De Arena (H=0.2m)	56
Tabla 21. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°01	57
Tabla 22. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°02	58
Tabla 23. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°03	59
Tabla 24. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°04	60
Tabla 25. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°05	61
Tabla 26. Número de Golpes del Ensayo DPL y	63
Tabla 27. Número de Golpes y Porcentaje de Compactación del Ensayo DPL y Cono de Arena de los Puntos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10.	64

Lista de figuras

Figura 1. Estructura del suelo.....	22
Figura 2. Ensayo SPT.....	24
Figura 3. Cono de Penetración del Ensayo DPL.....	25
Figura 4. Penetrómetro Dinámico Ligero.....	26
Figura 5. Ensayo de Cono de Arena.....	28
Figura 6. Visualización de Puntos de Ensayos SPT, DPL; DPL y Cono De Arena.....	29
Figura 7. Curva Granulométrica de la calicata 01.....	43
Figura 8. Curva Granulométrica de la calicata 02.....	44
Figura 9. Curva Granulométrica de la calicata 03.....	45
Figura 11. Curva de Fluidez de la calicata 01.....	46
Figura 12. Curva de Fluidez de la calicata 02.....	47
Figura 13. Curva de Fluidez de la calicata 03.....	48
Figura 15. Gráfico de Contenido de Humedad de la Calicata 01, 02 y 03.....	49
Figura 16. Gráfico del Peso Volumétrico Húmedo de la Calicata 01 y 02.....	50
Figura 17. Gráfico del Peso Volumétrico Seco de la Calicata 01 y 02.....	50
Figura 18. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 01.....	51
Figura 19. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 02.....	52
Figura 20. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 03.....	53
Figura 21. Gráficos de resultados de ensayo Cono De Arena (H=0.2m).....	57
Figura 22. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°01.....	58
Figura 23. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°02.....	59
Figura 24. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°03.....	60
Figura 25. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°04.....	61

Figura 26. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°05.	62
Figura 27. Gráfico de Correlación Lineal General de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m)64	
Figura 28. Gráfico de Correlación Lineal General de los ensayos DPL y Cono De Arena.....	65

Resumen

Este estudio busca establecer dos correlaciones entre ensayos de penetración y el grado de compactación. El objetivo general es realizar el estudio sobre la correlación de los resultados en los ensayos SPT, DPL; DPL y el grado de compactación en suelos arcillosos. Los objetivos específicos son: Identificar la ubicación de los puntos en donde se va a realizar la investigación; clasificar el tipo de suelo en cada punto de sondeo; realizar el ensayo SPT (05 puntos) a una profundidad de 3m; realizar el ensayo DPL (05 puntos) a una profundidad de 3m; realizar el ensayo DPL (10 puntos) a una profundidad de 0.5m y realizar el ensayo Cono de Arena (10 puntos) a una profundidad de 0.2m; determinar los resultados del ensayo SPT; determinar los resultados del 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 $R^2=0.6907$.

Palabras clave: SPT, DPL, Cono de Arena, suelo arcilloso, edificaciones, correlación.

Abstract

This research seeks to establish two correlations between penetration tests and the degree of compaction. The general objective is to carry out the study on the correlation of the results in the SPT, DPL tests; DPL and the degree of compaction in clay soils. The specific objectives are: Identify the location of the points where the investigation will be carried out; classify the type of soil at each survey point; carry out the SPT test (05 points) at a depth of 3m; carry out the DPL test (05 points) at a depth of 3m; carry out the DPL test (10 points) at a depth of 0.5m and carry out the Sand Cone test (10 points) at a depth of 0.2m; determine the results of the SPT test; determine the results of the DPL test at both depths; determine the results of the Sand Cone test; find the linear correlation between the results of the SPT and DPL tests; find the linear correlation between the results of the DPL and Sand Cone tests. In the methodology, I have surveyed 30 test points (5SPT and 5DPL, 10DPL and 10Sand Cone) taking into account the variability of the water table and the fill level in the area that is present. The final correlation for the CL soil between the SPT and DPL tests is $N_{spt}=0.4403N_{dpl}+11.995$, with a coefficient of determination $R^2=0.8594$, and between the DPL and Cono De Arena tests it is $N_{dpl}=0.4406(\%Comp.) + 83.201$, with a coefficient of determination $R^2=0.6907$.

Keywords: SPT, DPL, Sand Cone, clay soil, buildings, correlation.

Introducción

En todo proyecto de ingeniería civil se requiere estudios Geotécnicos el cual permitirá entender las características físicas y geológicas que tendrá el suelo de fundación. Con el estudio de campo y laboratorio se puede bosquejar el perfil estratigráfico que es necesario para la ingeniería de cimentaciones, además de toda la estructuración de un proyecto.

La finalidad de esta investigación es establecer dos correlaciones la primera de ellas es el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) con el número de golpes del penetrómetro dinámico ligero (DPL); y el grado de compactación obtenido relacionando la densidad insitu y la máxima densidad seca del ensayo de Proctor modificado.

Como parte de los estudios Geotécnicos en el Departamento de Lambayeque es común incluir al ensayo SPT y ensayos de densidad campo, mas no la utilización del ensayo DPL por desconocimiento de su funcionalidad y normativa. Además, debido a la creciente ingeniería vial, también son frecuentes los ensayos para determinar la densidad insitu, como el realizado con el método de cono de arena. El ensayo DPL muestra ventajas en la trabajabilidad y velocidad de aplicación en comparación con el SPT y con densidad insitu por cono de arena. Si se estableciera correlaciones entre el ensayo DPL con el SPT y del DPL con el grado de compactación entonces ayudaría a obtener más puntos ensayados en menor tiempo y costo.

En efecto, se desarrolló la pregunta de investigación ¿Habría correlación entre sus resultados de los ensayos SPT, DPL; DPL y Cono de Arena en suelos arcillosos? Por lo tanto, se planteó la hipótesis: Sí hay correlación entre sus resultados de los ensayos de SPT, DPL; DPL y Cono de Arena en suelos arcillosos aplicado a edificaciones en la urbanización Villa del Norte, Chiclayo, Lambayeque 2021.

Esta investigación está sustentada de forma técnica, económica y social.

El punto de vista técnico: con los datos recaudados se utilizarán modelos matemáticos para hallar la correlación lineal con su respectivo coeficiente de determinación (para visualizar la precisión de los resultados); además se evaluará su dispersión mediante el análisis de desviación estándar.

El punto de vista económico: estableciendo las correlaciones descritas anteriormente, podrían ejecutarse tan solo los ensayos menos costosos.

El punto de vista Social: la post investigación ayudará a las personas en realizar más estudios de mecánica de suelos con menor presupuesto.

El objetivo general de la investigación es el estudio sobre la correlación de los 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. Se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: Recopilar información de estudios de mecánica de suelos en la Urbanización Villa del Norte; identificar la ubicación de los puntos en donde se va a realizar la investigación; clasificar el tipo de suelo en cada punto de sondeo en donde se hará la investigación; realizar el ensayo SPT (05 puntos) a una profundidad de 3m en la Urbanización Villa del Norte; realizar el ensayo DPL (05 puntos) a una profundidad de 3m en la Urbanización Villa del Norte; realizar el ensayo DPL (10 puntos) a una profundidad de 0.5m en la Urbanización Villa del Norte y realizar el ensayo Cono de Arena(10 puntos) a una profundidad de 0.2m en la Urbanización Villa del Norte; determinar los resultados del ensayo SPT; determinar los resultados del 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.

Dentro de los antecedentes más importantes tenemos a Barrios, J. (2019), quien realizó su tesis “Correlación de los resultados con el ensayo de penetración estándar (SPT) y Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) en suelos del P.J. Wilmer Fernández Malca- Chiclayo”, el suelo de exploración fue de dos tipos CL y SC, por consiguiente, se determinaron dos correlaciones lineales, para el CL es $N_{spt}=0.1537(N_{dpl}) -0.6325$ con un coeficiente de determinación $R^2=0.902$ y para el SC es $N_{spt}=0.1142(N_{dpl}) +0.778$ con un coeficiente de determinación $R^2=0.915$. De la misma forma, Germán, L. y Perez, P. (2019), realizaron la tesis “Correlación de los valores en los ensayos SPT, DPL y Corte Directo del Suelo en el Asentamiento Humano Virgen del Carmen-Lagunas-Mocupe”, el suelo fue de tipo CL y la correlación lineal es $NSPT=0.8122NDPL-0.7164$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9993$.

Con la información recaudada de las propiedades físicas del suelo del lugar de investigación, adjuntamos el anexo N°01, la cual nos da a conocer que es de tipo arcilloso y de color marrón oscuro; además en el anexo 04 se muestra un plano de ubicación de los puntos de sondeo de la Urbanización Villa del Norte, Chiclayo.

Marco teórico

Antecedentes

Internacional

Calderón, B. y Arroyo, A. (2021). Estado del arte sobre las correlaciones entre los valores del ensayo de penetración estándar (SPT) y los parámetros del suelo (tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.

Brayan y Adrián [1] realizaron la investigación en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña que tiene por objetivo determinar la correlación entre el valor N del ensayo de penetración estándar y velocidad de ondas de corte para arcillas en Bogotá, por consiguiente, la correlación final de la investigación es $V_s = 99.783 \cdot N^{0.383}$. Así mismo, los autores plantearon otro objetivo de hallar la calibración del método de parámetros de Resistencia con SPT en suelos de la región Llanera Colombiana, determinando la ecuación $(\Phi) = 12.785 + \sqrt{25.858 \cdot N}$.

En el caso de esta investigación se realizó en Perú, específicamente en la ciudad de Chiclayo; también se realizó el ensayo de penetración estándar (SPT) y se adicionó el ensayo penetrómetro dinámico ligero (DPL) y Grado de Compactación en el año 2021.

Ampadu, S. y Kofi, F. (2018). Deriving SPT N-Values from DCP Test Results: The Case of Foundation Design in a Tropical Environment (artículo científico). Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ashanti, Ghana.

Samuel [2] realizó la investigación en la Universidad de Ciencia y de Tecnología en la localidad de Ashanti que tiene por finalidad general inferir la correlación entre ambos ensayos para suelos de grano grueso y es $N_{spt} = 1.78(N_{dcp})^{0.77}$ con un coeficiente de determinación de 0.8516, así como también, una correlación entre ambos ensayos para suelos de grano fino como y es $N_{spt} = 0.216 \cdot N_{dcp} + 7.6$ con un coeficiente de determinación de 0.755.

En el caso de esta investigación se realizó en Perú, concretamente en el distrito de Chiclayo, específicamente en la Urbanización Villa del norte se utilizó el DPL por el DCP y se adicionó el Grado de Compactación en el año 2021.

Nacional

Flores, W. y Chávez, J. (2020). Correlación entre la Auscultación Dinámica Ligera (DPL) y el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) para suelos arenosos de origen aluvial ubicados en el distrito de Chilca, provincia de Cañete-departamento de Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Waldo y Jorge [3] en la investigación que realizaron plantearon por objetivo general hallar la correlación entre el ensayo de penetración dinámica ligera (DPL) y la Prueba de Penetración Estándar (SPT) concretamente para suelos arenosos (SP y SP-SM) centrados en un área de la localidad de Chilca. En la investigación usaron trescientos noventa y tres parejas de datos, consiguiendo correlaciones lineales entre el número de golpes obtenidos en el ensayo de Penetración Estándar- N_{spt} y del ensayo de penetración dinámica ligera- N_{10} ; consiguiendo un coeficiente de determinación (R^2) entre 84% y 87%. Además, la correlación obtenida es $N_{spt}=0.5331*N_{dpl}+3.0028$, válido solo hasta una profundidad de 3.00m.

En el caso de esta investigación se realizó en Perú, concretamente en el distrito de Chiclayo, agregando el ensayo Cono de Arena en el año 2021.

Riveros, P. y Taipe, O. (2019). 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 (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Percy y Oscar [4], plantearon como finalidad principal de cotejar la diferencia de las propiedades geomecánicas entre los estudios con la metodología del instrumental de Dinámico de penetración ligero y Triaxial en suelos cohesivos de la ciudad universitaria nacional de Huancavelica en el año 2018. Este estudio fue dirigido en suelos cohesivos, es así que por ello se tomaron muestras de suelo de la ciudad universitaria antes mencionada, como muestra la sectorización de falla geológica. Los datos y resultados significativos aprovechados de las veinte muestras extraídas son la Cohesión (c) y el ángulo de fricción (Φ), las que permitirán determinar la correlación de los ensayos Triaxial y DPL. De la investigación realizada se concluye como coeficiente de correlación de la cohesión(c) de 0.93 y de ángulo de fricción (Φ) de 0.97; además se recomienda al ensayo DPL en cuestión de tiempo y costo.

En el caso de esta investigación se realizó en Perú, concretamente en el distrito de Chiclayo, agregando el ensayo Cono de Arena en el año 2021.

Local

Barrios, J. (2019). Correlación de los resultados con el ensayo de penetración estándar (SPT) y Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) en suelos del P.J. Wilmer Fernández Malca- Chiclayo (tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.

Javier [5] planteó como finalidad principal es hallar la correlación de sus resultados de ambos ensayos en arenas del P.J. Wilmer Fernández Malca-Chiclayo. Para ello se han hecho 28 sondeos, 14 sondeos para SPT y 14 sondeos para DPL, de las cuales se les determinó sus características físicas del suelo en exploración. Además, se determinó su capacidad portante admisible del terreno conforme los estudios con SPT y es q admisible: 1.08kg/cm^2 , además que los suelos característicos en el área donde se desarrollaron los ensayos actúan como suelos de arcilla arenosa de baja plasticidad. El cual ejecuto ensayos de DPL Y SPT hallando correlaciones del N_{30} Y DPL, además de ello para hallar la ecuación final se realizó la corrección por el método de mínimos cuadrados, hallándose coeficientes de determinación cercanos a unos, con lo cual se obtuvieron las siguientes ecuaciones: Para el tipo de suelo CL: $N_{30}=0.1537 (n_{30}) -0.6325$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.902$; de la misma forma para el tipo de suelo SC: $N_{30}=0.1142 (n_{30}) + 0.778$, con un coeficiente de determinación $R^2= 0.915$.

Por lo que en caso de esta investigación se realizó en el mismo país, específicamente en la ciudad de Chiclayo y en la Urb. Villa del Norte, agregando el ensayo de Cono de Arena en el año 2021.

Germán, L. y Perez, P. (2019). Correlación de los valores en los ensayos SPT, DPL y Corte Directo del Suelo en el Asentamiento Humano Virgen del Carmen-Lagunas-Mocupe (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.

Luis & Piero [6] plantearon como finalidad principal de este estudio es poder realizar ensayos en el tipo del suelo del área donde se determinaron los puntos del SPT y DPL y con ello hallar la correlación o no entre ambos ensayos además de correlacionar la capacidad portante en los ensayos DPL y Corte Directo en el también en el Asentamiento Humano Virgen del Carmen ubicado en el distrito de Lagunas Ocupe – Chiclayo - Lambayeque. Se consiguieron como resultado de la investigación que los suelos ensayados fueron CL con características de suelos cohesivos, por lo que la correlación en este tipo de suelos en esa zona resultó lo siguiente: $SPOT = 0.8122 NDPL - 0.7164$, con un coeficiente de determinación $R^2= 0.9993$, como se

puede apreciar el R^2 es cercano a uno por lo que se da como una correlación aceptable. En cambio, la correlación del ensayo DPL vs Corte Directo, el coeficiente de determinación no es cercano a 1, esto da a entender que no es confiable

En el caso de esta investigación se realizó en el mismo país, específicamente en la ciudad de Chiclayo y en la Urb. Villa del Norte, agregando el ensayo de Cono de Arena en el año 2021.

Bases teóricas

Marco Legal

“Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.050 Suelos y Cimentaciones”

Se tomará en cuenta esta normativa para mi investigación [7] ya que tiene información acerca del estudio de la mecánica de suelos.

“NTP 339.127: 1998 (método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo)”

Se ha considerado esta norma [8] ya que me brindara información sobre el método de para determinar el contenido de humedad de un suelo.

“NTP 339.128: 1999 (suelos. método de ensayo para el análisis granulométrico)”

La presente norma [9], nos da ha conocer acerca del método de análisis granulométrico por tamizado y la sedimentación de los suelos.

“NTP 339.129: 1999 (suelos. método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo)”

De la misma manera, esta norma [10], nos da a conocer sobre todo los métodos de ensayo para poder determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo.

“NTP 339.131: 1999 (suelos. método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo)”

Esta norma [11], nos da información acerca del método para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de suelo por medio de un picnómetro.

Suelos Arcillosos

Definición:

Para NEC [12], los “los suelos arcillosos son suelos con característica de variación de la cohesión, son los que tienen la facultad de atracción intermolecular, por lo que en gran medida de ellos está relacionada con el agua, ocasionando en el suelo un desequilibrio de las partículas con efectos dañinos para la estructura que está encima de ella.”

Clasificación

Para Vidal [13], los suelos cohesivos se clasifican en 03 tipos y los define de la siguiente manera:

“a) Tipo A. Se encuentran los suelos cuya resistencia a la compresión es menor 144 kpa o mayor; dentro de os cuales se pueden diferenciar los suelos arcillosos, arcillo limosos, arcillo arenosos; estos son denominados arcillas blancas.

b) Tipo B. Se encuentran los suelos mayores a una resistencia a la compresión de 48 kpa y menores de 144 kpa se encuentran en este tipo los suelos grava arenosa, arcilla mediana.

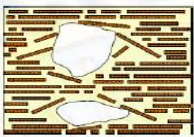
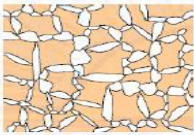

c) Tipo C. Se encuentran los suelos con una resistencia a la compresión de 48 kpa o menor, en este tipo de suelo se tienen las siguientes denominaciones: grava, arena arcillosa, arena blanda, tierra sumergida, y roca desmoronable.”

Estructura del Suelo

Para Bevia & Bañón [14], sostiene que “que en los suelos cohesivos la estructura se determina por la fuerza que actúan en sus partículas como puede ser la fuerza del agua en su forma de napa freática, además afecta la forma, tamaño y mineralogía de sus partículas.”

Además, para Das [15] se mencionó que “los suelos cohesivos compactados con un contenido de agua optimo se puede tener una estructura de suelos floclenta, reduciendo la discontinuidad entre las partículas, cuando se aumenta el contenido de agua se incrementa la repulsión expandiendo las capas que la componen, asimismo cuando el esfuerzo de compactación se incrementa se origina una estructura paralela considerado disperso aumentando el peso específico.”

Figura 1. Estructura del suelo

Tipo	Descripción
	Estructura Dispersa. Estos agregados se mantienen paralelamente por las fuerzas de repulsión siendo la conductividad hídrica mayores en ese sentido.
	Estructura Panaloide. Las partículas finas y limosas forman pequeños arcos en forma de cadena pueden soportar cargas estáticas normales.
	Estructura Floclada. Se presentan en agregados coloidales inferiores a mm, manteniéndose unidas en forma de flocló, tiene la particularidad de ser colapsable.

Nota: Según en el libro de Mecánica de Suelos, la figura representa la estructura del suelo.

Ensayos para Suelos

Ensayo de penetración estándar:

Ensayo de penetración estándar (SPT) según el Manual de Ensayos [17] es “uno de los uno de los ensayos que su propósito principal es hallar la resistencia a la penetración del suelo o para conseguir un muestreo del terreno y poder lograr su estratigrafía y propiedades físicas; además, en su realización se logra conseguir datos que nos ayuden definir la medición de resistencia del suelo al ser penetrada.”

Procedimiento del Ensayo SPT

Para ejecutar este ensayo se debe seguir un proceso en el cual se describe a continuación según la norma [16]:

- “como primer paso, se ejecuto un sondeo para determinar la profundidad determinada y a luego con cuchara normada se inca 15 cm en el estrato a reconocer, a fin de depurar la zona superficial parcialmente alterada.
- A continuación, se marcó la varilla y se contabiliza el número de golpes (N) que se requiere para introducir de nuevo la cuchara, a una nueva altura de 30cm. Asimismo, como se detalló en los párrafos anteriores la masa que se utiliza para la hinca tiene un peso de 140 libras y su altura de caída es de 30 pulgadas, lo que corresponde a una altura de 0.5 kj por golpe, de manera estimada.
- Donde $N = N1 + N2$ es el parámetro que se obtiene, en donde N1 es el número de golpes necesarios para hundir, se tomó de 15 cm, asimismo el N2 es en número de golpes necesarios para insertar la varilla 15 cm más para que se pueda tomar la muestra.
- por último, se abre la cuchara partida se toma la muestra de suelo dentro de la cuchara, para ejecutar los ensayos que correspondan como son: Granulometría, Límites de Consistencia, Contenido de Humedad y Peso Específico.
- Este proceso se debe efectuar como máximo cincuenta golpes, debido a que después de este número si se introduce el equipo de perforación dentro del estrato puede ocasionar daños. Cuando sucede que después de este número de golpes no se introduce más, la varillas se denomina que existe rechazo, lo cual posiblemente sea un suelo rocoso o suelo muy bueno.”

Equipos

Los equipos para realizar el ensayo SPT según la norma [16] son los que mencionaremos a continuación:

- “Tarjetas de identificación
- Pesa de 140 libras, con una altura de caída de treinta pulgadas.
- Fundas de plástico
- Muestreador o tubo partido con las siguientes dimensiones: largo: 50cm, diámetro exterior: 51mm, diámetro interior: 35mm
- Parafina sellante
- Barras y brazos de perforación
- Flexómetro
- Pesa de 16 libras.
- Trípode del equipo.”

Figura 2. Ensayo SPT



Nota: La figura representa la ejecución del Ensayo SPT.

Ensayo DPL

El ensayo de Penetración Dinámica Ligero según Vizcarra y Olivera [18] “es un método de sondaje que se inicia introduciendo una varilla de acero, el cual tiene una punta metálica de 60°, esta varilla metálica se introduce con una pesa de 10 kg que se deja soltar a una altura de 50 centímetros. La variable que se estudia en este ensayo es el número de golpes N, que determina la resistencia a la penetración, en otras investigaciones a sido correlacionada con propiedades

relativas del suelo como son parámetros de resistencia de corte y capacidad portante, cabe indicar que estas correlaciones servirán para tipos de suelo de iguales características.

Procedimiento del ensayo de DPL

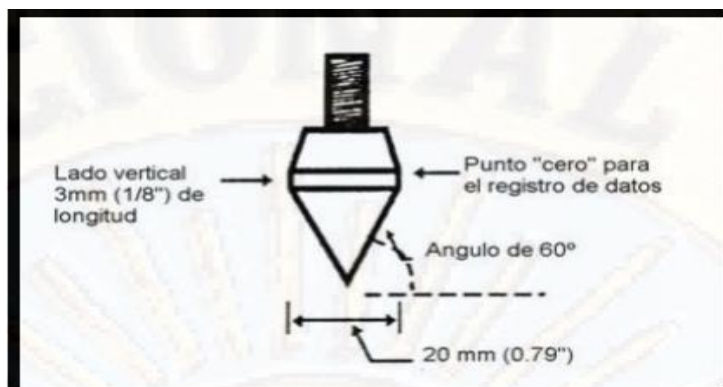
- Lo primero que se hizo es el retiro del material de relleno, hasta encontrar suelo natural para comenzar dicho ensayo.
- Se procedió al armado del equipo de penetración y se marcó con un corrector cada 10 cm.
- Ya armado el equipo colocamos en posición de golpeo, se colocó al nivel de referencia y se empezó a contar cada 10 cm.
- Una vez terminado con la primera varilla se agrega la segunda varilla, ya que cada varilla tiene un metro de longitud.
- De la misma forma se continuo hasta la tercera varilla y llegar a terminar el ensayo.

Equipos

Los equipos para realizar el ensayo DPL según Riveros & Taipe [18] son los siguientes:

- “Cono metálico de penetración
- Yunque
- Varillas de penetración
- Pesa de 10 kilogramos
- Varilla guía
- Equipo de DPL
- Equipos de protección personal”

Figura 3. Cono de Penetración del Ensayo DPL



Nota: La figura representa el cono de penetración del Ensayo DPL, según el Instituto Nacional de Vías.

Figura 4. Penetrómetro Dinámico



Nota: La figura representa el Penetrómetro Dinámico Ligero del Ensayo DPL.

Tabla 1. Diámetros de los Tipos de Sonda

N°	Tipo de sonda	Diámetro (mm)
1	DPL	24
2	DPL, DPM	34
3	DPH	42
4	SPT	49
5	CPT	34.8

Nota: Esta tabla muestra el tipo de SONDA con su respectivo diámetro en mm.

Ensayo de Cono de Arena:

Según Guzmán [20] “este método se utiliza para poder determinar la densidad natural del suelo y se calcula con la división entre la masa dentro del recipiente que lo contiene y el material en el terreno que se utiliza en el ensayo. El aparato que se utilizó es un recipiente de forma cilíndrica la parte inferior termina en embudo que se encuentra una válvula que permite controlar el paso de la arena de calibración que contiene el recipiente. Por medio de este aparato y la extracción del suelo con un perímetro circular fijo, se determinó el peso y volumen necesarios para el cálculo correspondiente de la densidad. Es de suma importancia que los operarios que realizan este ensayo tengan cuidado en la obtención de los datos, para así evitar errores en el cálculo de la densidad de campo.”

Procedimiento ensayo cono de arena

Según ASTM D1556 / AASHTO T 191 [19], para realizar el ensayo “se instaló la placha de base plana con una abertura circular de 6.5 pulgadas (165.1 mm), y se colocó en el punto donde se requiere realizar la prueba, normalmente se utiliza para ver qué tan compacto se encuentra el suelo. El volumen total a retirar y se calcula por el tamaño máximo de partícula del suelo y puede variar hasta 0.1ft³ (2.830g / cm³). Los equipos que se utilizan: son la arena estandarizada que ya cuenta con una densidad predeterminada, una balanza, cincel, brocha, espátula, equipos de protección, el equipo de densidad de campo (cono de arena), etc. Luego para culminar la prueba se recogió todos los materiales utilizados como: la arena normalizada, para poder utilizarla en otro ensayo”

Equipos

- Arena normalizada
- Cinta para medir
- Cono de arena con válvula cilíndrica de 12.5 mm de abertura.
- Plancha metálica de diámetro 6" de diámetro, el embudo debe ser del mismo diámetro para poder engranar
- Pesa electrónica con precisión de 0.01 gramos a más de 10 kilogramos
- Almódana de 1 ½ libras de peso
- Cincel de punta plana
- Cinta para medir
- Brocha
- Cono de arena y cilindro envase
- Espátula
- Envases plásticos para toma de muestras
- Equipos de seguridad personal

Figura 5. Ensayo de Cono de Arena



Nota: La figura representa la ejecución del Ensayo DPL in situ.

Ubicación geográfica del Proyecto

Chiclayo

La investigación, se desarrolló en la urb. Villa del Norte de Chiclayo, el cual se encuentra en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.

Lugar de sondeo del Proyecto

La vista en planta en donde se realizó los 30 puntos de sondeo (5 SPT vs 5 DPL, 10 DPL vs 10 Cono de Arena) se muestra con detalle en la Fig. 06 tomada en Google Earth y se llevó a cabo en la urb. Villa del Norte del distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Figura 6. Visualización de Puntos de Ensayos SPT, DPL; DPL y Cono De Arena.



Nota: La figura representa la ubicación de los puntos de los ensayos a explorar en la Urb. Villa del Norte.

Definición de Términos Básicos

Según Riveros & Taipe [18], define lo siguiente:

- ❖ “Suelo. Está compuesto por tres estados formado por partículas de agua, sólidas y gases o sedimentos no consolidados, que provienen de la alteración mecánica y/o física y/o química de las rocas.
- ❖ Distribución granulométrica. Clasificación de los suelos el cual se calcula pasando los granos gruesos por tamices con medidas determinadas.
- ❖ Muestras alteradas. Son las muestras de suelos que ya han perdido sus propiedades iniciales con las que fueron extraídas.
- ❖ Muestras inalteradas: Son muestras de suelos que no pierden sus condiciones iniciales como son sus propiedades físicas, esto se logra mediante métodos de preservación. Con ello se puede estudiar el suelo en su condición natural
- ❖ Arcilla: Partículas de suelo que al clasificar la granulométrica pasan el tamiz estándar número 200 ya que muestra como un material plástico al ser mezclado con agua.
- ❖ Cohesión. Es la adherencia o atracción de partículas del suelo debido a la carga eléctrica que presentan las partículas.
- ❖ Índice de plasticidad: Es la diferencia numérica que existe entre el límite líquido y el límite plástico, ya que nos indica el margen de humedad dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos”
- ❖ SPT. Según ASTM 2850 [22], es “un estudio mecánico donde se cuenta el número de golpes que se necesitan para poder introducir una varilla de acero una determinada profundidad y con ello también se pueden extraer muestras de suelo, mediante una maza de 63,5 kg que cae repetidamente desde una altura de 76,2 cm..”
- ❖ DPL. Según Canaza Y. [23], es “un método alternativo a la Prueba de Penetración Estándar (SPT) para la determinación de los parámetros del suelo.”
- ❖ Edificación. Según Alva J. [24], “este término se utiliza para definir estructuras diseñadas por el hombre, para poder realizar algún servicio como puede ser vivienda, colegios, hospitales, etc.”
- ❖ Correlación. Según Barrios J. [24] “la correlación es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, específicamente evalúa la tendencia (creciente o decreciente) en los datos.

Metodología

Tipo y nivel de Investigación

De acuerdo a la investigación que se desarrolló, el estudio es experimental, ya que la hipótesis se demostró a base de experimento para el post análisis de resultados, así mismo el fin que persigue es correlacional e inductiva y con respecto a los datos estudiados es cuantitativa.

Diseño de Investigación

La investigación desarrollada se planteó mediante el enfoque cuantitativo, ya que se hizo una correlación lineal entre sus resultados.

En el proceso de esta investigación se definieron pautas y estrategias que se diferencian por ser de naturaleza investigativa basándose en ensayos, por lo que se obtuvieron datos de laboratorio que sirvieron para estimar las variables de estudio y en base a dicho análisis se plantearon conclusiones y recomendaciones.

Población, muestra, muestreo

En esta investigación, la población son los suelos de la urbanización villa del norte, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo, región Lambayeque, con ello y con la ayuda del asesor se optó tomar como muestra 30 puntos de sondeo (5 SPT vs 5DPL y 10 DPL vs 10 Cono de Arena) de la urbanización Villa del Norte de Chiclayo debido a que esta urbanización según el plan director urbano está considerada en expansión urbana a futuro.

El tipo de muestra tomada, es no probabilística con un muestreo de casos tipo. Cabe mencionar que este tipo de muestra no está relacionado con la probabilidad, sino con el proceso relacionada a la naturaleza del estudio; por esta razón no se usó ninguna fórmula para calcular y determinar la muestra.

Criterios de selección

La selección del lugar estuvo en función del plan director urbano de Chiclayo ya que la urbanización Villa del Norte está considerada como una zona de expansión urbana de la ciudad, además cuenta con proyectos en ejecución de gran envergadura como son la avenida colectora y un futuro centro comercial que impulsaran en gran manera la construcción de edificaciones de viviendas y comercio en toda la zona; asimismo se optó por dicha zona ya que hay accesibilidad para obtener las muestras (no hay tantas limitaciones) y no se perjudicará tanto la vía como construcciones ya realizadas.

Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE		INDICADORES	MEDICIÓN
TIPO	DESCRIPCIÓN		
INDEPENDIENTE	➤ ENSAYO SPT.	Número de golpes.	N spt, kg/cm ²
	➤ ENSAYO DPL.	Número de golpes.	N dpl, kg/cm ²
	➤ ENSAYO CONO DE ARENA.	Porcentaje de Compactación	%
DEPENDIENTE	CORRELACION DE LOS RESULTADOS	Correlación Lineal en f(Nspt, Ndpl)	Adimensional
		Correlación Lineal en f(Ndpl, % Compactación)	Adimensional
	Suelo	Análisis Granulométrico	gr
		Contenido de Humedad	%
		Peso específico	Kg/m ³
		Límites de consistencia	%
		Ensayo Proctor	%

Nota: Esta tabla muestra la operacionalización de variables de la investigación.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas requeridas para el desenvolvimiento de la investigación fueron:

- Observación: Se empezó observando las variables en su ámbito natural, de esta forma analicé y observé que puntos de sondeo sean los más relevantes para poder realizar la investigación.
- Experimentos: La variable independiente se manipuló únicamente para medir el comportamiento de la variable dependiente para poder realizar el análisis y obtener los resultados.
- Interpretación de contenidos: Se revisó la bibliografía de distintos autores durante el proceso la investigación con el fin de poder comparar resultados.

Fuentes

Las fuentes utilizadas son:

- Sociedad Americana para ensayos y materiales (ASTM)
- Normas Técnicas Peruana (NTP).
- Norma E 050. Suelos y cimentaciones (E 050). 2017
- Otras fuentes detalladas en las referencias bibliográficas

Instrumentos de recolección de datos

Programas de cómputo

Para llevar a cabo esta investigación se necesitó de los siguientes programas:

- Microsoft Office Excel.
- Microsoft Office Power Point.
- Microsoft Office Word.

Ensayos de Laboratorio

Granulometría

El ensayo establece la composición de un suelo, según su tamaño. Para realizarlo, se usó la NTP 339.128.1999 [9], tiene como objetivo desagregar por diámetros las partículas de la muestra entre gruesos y finos; por lo cual, para llevar a cabo este ensayo fue necesario de contar con:

- “Las mallas que se usan para el desarrollo del ensayo son: 3”, 2”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, #04, #8, #16, #30, #50, #100, #200).
- Una espátula.
- Un cuarteador muestras de suelo.
- Una varilla de 5mm, con punta redonda.
- Un horno.
- Unos depósitos de aluminio.
- Unos depósitos de forma rectangular de 0.40 * 0.60m.
- Un cucharón de aluminio.
- Un vaso en buenas condiciones.
- Una balanza calibrada a 0.1gr.
- Agua limpia.
- El tamiz #200, para el lavado de la muestra que pasó el tamiz #4.
- El suelo como muestra sujeta de investigación.”

Así mismo, el procedimiento que se siguió según la presente norma [9] fue el siguiente:

- “En primer lugar, dejar secar el suelo bajo el sol, dispersar y dividirlo en cuatro partes. Luego hay que tomar una muestra con respectivas características, que tiene que ser pesada y registrada.
- Después, revisar que las mallas establecidas estén ordenadas de mayor a menor para poder pasar el material seleccionado.
- También, pesar el material retenido a medida que pasa por cada tamiz y registrar este resultado en la columna de material retenido.
- Posteriormente, se realiza todo el proceso anterior hasta la malla número 04 y se aprovecha el material que pasa esta malla, para obtener una porción de suelo representativo. Para esto, hay que pasar la muestra por el tamiz hasta lograr acumular una de 500 y 1000 g.
- Luego, permita que la muestra se enfríe y recolecte 200 g. de muestra. Esta debe vaciarse en un vaso de precipitados de aluminio lleno de agua. Si el suelo todavía tiene grumos, debe saturarse durante 24 h.
- Además, hay que mover el suelo con una barra de punta redonda para crear una figura que forme un 8(ocho) por 15 s.
- Recapitulando, hay que verter el líquido en un tamiz # 200, retirar el polvo fino (muestra que pasa por el tamiz), luego vaciar agua en el vaso y revolver como se

indica arriba.

- Siguiendo con el procedimiento, hay que tener cuidado de recoger la arena y ponerlo de nuevo en el vaso y verter la arena detrás de la rejilla. Hay que ser precavido de no tener fugas. Este proceso se debe repetir hasta 5 veces hasta que el agua salga limpia.
- Después, hay que secar el fondo al horno y enfriarlo antes de pasar por los tamices #08 y #200.
- Paulatinamente, hay que pesar para cuantificar la cantidad de material que se retiene en cada tamiz.
- Antes de finalizar, hay que hacer los cálculos de porcentaje retención de manera parcial, porcentaje retención de manera acumulada, porcentaje que pasa el tamiz #200 y luego hay que trazar la curva de distribución del tamaño de partícula.
- Para finalizar, hay que realizar el cálculo de porcentaje de grava, de arena y de finos.”

Después de obtener los datos del peso retenido en cada tamiz se procedió aplicar la fórmula para hallar el % de peso retenido:

$$\% \text{ de Peso retenido} = (W_r/W_s) \times 100\%$$

Donde:

- W_r = Peso retenido
- W_s = Peso seco

Para finalizar, es necesario determinar el % que pasa por este tamiz sustrayendo el % que pasa por el tamiz anterior del % retenido en el tamiz.

Límites de consistencia

Para cuantificar la plasticidad del suelo según los autores Diaz & Puyen [20], se han desarrollado varios criterios, como es Attemberg, quien demostró que la plasticidad depende del contenido de agua del suelo más que sus propiedades permanentes.

Nos siguen comentando los autores que en función de la cantidad de agua que hay en el suelo, pueden suscitarse los estados primordiales como son líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido.

Además, los estados anteriores no tienen límites definidos, pero sus definiciones dependen en gran medida de las reglas. Las reglas introducidas por Attemberg para determinar el estado se refieren a límites, a los que se le denomina "límites de Attemberg". El límite entre el estado semilíquido y el estado plástico se denomina límite líquido, y el límite entre el estado plástico

y el estado semisólido se denomina límite plástico.

La norma que se empleó fue la NTP 339.129 [10], cuyo objetivo es de determinar los límites líquido y plástico, además como el índice de plasticidad; por lo cual, para llevar a cabo este ensayo fue necesario de contar con:

- “Un horno con temperatura constante.
- Una espátula.
- Un depósito de aluminio.
- Tamiz N°40.
- Papel absorbente
- Una balanza calibrada a 0.01 gr.
- Copa de Casagrande.
- Una varilla de 3.2 mm.
- Una franela.
- Agua abundante.
- Un ranurador curvo.
- Un Vernier.”

Así mismo, el procedimiento que seguimos fue el que nos menciona la Norma [10], a seguir es el siguiente:

- “En primer lugar, la muestra debe ser filtrada por el tamiz #40, el que debe ser vertido en un depósito y debe humedecerse 24 h antes de hacer este proceso.
- Luego, para el límite líquido, la muestra debe ser mezclada de manera uniforme para ubicarlo en la copa de Casagrande, ordenar el material de la mitad hacia los bordes, de manera que en el centro todo esté a un mismo nivel.
- Posteriormente, se hace una ranura en el centro de la muestra, usando el ranurador, con el fin que vaya perpendicular a la copa de Casagrande.
- Además, se continúa realizando los respectivos movimientos en la copa de casa grande, con un ritmo de 2 golpes/seg., hasta alcanzar una longitud de 13 mm.
El número de golpes convenientes esta entre cuatro y cuarenta para que el ensayo se realice correctamente; se recomienda esta restricción se logre en los intervalos siguientes: una vez entre 30 y 40 golpes, otra entre 20 y 30 golpes, la siguiente entre 10 y 20 golpes, y la ultima 4 y 10 golpes.
- Estas muestras son colocadas a la estufa con el fin de obtener el contenido de humedad en cada ensayo.”

Por lo que, cuando el suelo tenga la humedad correspondiente al Límite Líquido (ensaye en el intervalo de 20 a 30 golpes), se llena el molde rectangular, en 3 capas, dándole los suficientes golpes a cada capa contra la mesa, con el fin de extraerle el aire atrapado, para después enrasar el molde, limpiar exteriormente con una franela y pesar, anotándolo como: peso del molde + suelo húmedo.

Para determinar el límite plástico (LP):

- “se inicia, con la muestra de suelo con menos humedad para realizar un molde, se hace una esfera de 1.5 cm aproximadamente.
- Luego se gira en la mano sobre una placa de vidrio, se intenta de formar un cilindro de 3.2 milímetros, se puede comparar con un alambre para verificar la medida.
- Se continúa verificando que este cilindro de suelo presenta muchas fisuras si es así se tiene por entendido que este suelo presenta límite plástico, donde se obtendrán muestras de suelo, se someterán al secado para determinar el contenido de agua, lo cual es equivalente al límite plástico.
- Por último, si no se cumplen todas las condiciones anteriormente descritas se vuelve a repetir el ensayo hasta que pueda cumplir con la condición descrita.”

Para el cálculo de los valores se realiza de la siguiente manera:

“Para el LL, las muestras de suelo extraídas son retiradas de la estufa, se dejan enfriar y se realiza el pesado correspondiente, registrando en la columna de: tara + suelo seco.

Con estos valores se calcula el contenido de agua de los 4 ensayos, con lo que se sigue a dibujar el número de golpes versus el contenido de agua, identificándose cuatro puntos, luego de ello se dibuja un línea recta por los puntos o en intermedia de los ya mencionados; a dicha recta se le denomina Curva de fluidez; en 25 golpes, subimos e interceptamos la curva de fluidez y de ahí con la horizontal, leemos el contenido de humedad, el que corresponderá al Límite Líquido.

Para el LP, se continúa hallando el contenido de agua, si entre los valores de contenido de humedad no tienen una diferencia mayor a dos puntos porcentuales estos se promediarán, de ser que se mayor se vuelve a repetir el ensayo. El promedio es el resultado del Límite plástico.”

[27]

Para obtener el índice de plasticidad se debe de restar el LL – LP.

Contenido de humedad

Este ensayo según Diaz & Puyen [20], logra establecer el agua acumulada en una porción de suelo en un preciso instante, con lo cual este parámetro se puede denominar humedad natural del suelo, este ensayo está basado en la Norma Técnica Peruana 339.127 [21] y la finalidad de este ensayo es inferir el contenido de agua presente en un determinado suelo; por lo cual, para llevar a cabo este ensayo fue necesario de contar con:

- “Pesa de un kilogramo con precisión de 10 gramos.
- Tara.
- Estufa con capacidades de 100 grados centígrados a más.
- Recipiente metálico 5/8 de pulgada.
- Trapo Afranelado.
- Cuchillo.
- Manopla de protección.”

Así mismo, el procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- “Tomar medida en peso de dos recipientes sin contenido.
- Luego, en los recipientes poner las muestras de suelo hasta una altura de $\frac{3}{4}$ del recipiente, luego de ello pesarlo
- Asimismo, ingresar los recipientes contenido el suelo húmedo por un día (veinticuatro horas)
- A continuación, retirar de la estufa y pesar los recipientes con el suelo seco “

La fórmula resumida para determinar esta variable se muestra a continuación:

$$W\% = (W_h - W_s) / W_s * 100$$

Donde:

W_h = peso muestra de suelo húmeda (gramos)

W_s = peso muestra de suelo seca (gramos)

Absorción

El presente procedimiento nos permite según Diaz & Puyen [20], inferir el agua que puede ser absorbida por el suelo, este índice es simbolizada de manera porcentual; para concretar este procedimiento, es necesario usar la norma ASTM C 127 [22], tiene la finalidad calcular el valor de manera porcentual de absorción del agua en un suelo; para llevar a cabo este ensayo fue necesario de contar con lo siguiente:

- Pesa de un kilogramo con precisión de 10 gramos.

- Estufa con capacidades de 100 grados centígrados a más.
- Recipiente cónico y su pisón.
- Espátula y brocha.
- Recipiente metálico 5/8 de pulgada.

El método que se siguió fue el mismo del ensayo del peso específico y con respecto para el cálculo, se hizo de la siguiente manera:

$$\%Absorción = (P_{sss} - P) / P''$$

Procedimientos

La investigación se realizó siguiendo una metodología muy ordenada, de tal forma que se logró cumplir con los objetivos trazados. El proceso que se siguió fue el siguiente:

Primero, se hizo la selección del lugar, bajo ciertos parámetros técnicos, por consiguiente, se hizo un mapeo de la urbanización con el fin de seleccionar los 30 puntos; luego se realizaron los 5 ensayos de penetración estándar (SPT) y por cada punto de SPT se hicieron tres ensayos de penetrómetro dinámico ligero (DPL) siendo un total de 15 DPL, para la segunda correlación 10 ensayos Cono de Arena (grado de compactación) y 10 DPL. Para finalizar se llevaron muestras al laboratorio con el fin de hacer la caracterización respectiva de las muestras.

Siguiendo el procedimiento, se obtuvieron los resultados del laboratorio y luego se procesaron con el fin de compararlos con los resultados de tesis similares para emitir las recomendaciones y/o conclusiones del presente estudio.

Plan de procesamiento y análisis de datos

En la realización del presente estudio asignaron las fases siguientes, de tal forma que me ayudaran a demostrar la hipótesis planteada en esta investigación.

✓ Fase I: Recopilación de información relacionado al tema

En esta fase, se trató de revisar información acerca del tema, como, por ejemplo, si ya se habían hecho investigaciones relacionados a esta línea de investigación y que aportes hicieron al respecto, además leer normativas de los ensayos para poderlos realizar sin ningún inconveniente el desarrollo de tesis.

✓ Fase II: Ejecución de los ensayos de SPT, DPL y Cono de Arena.

Esta etapa se llegó al lugar donde se realizó la exploración para ejecutar los ensayos y obtener las muestras para posteriormente llevarlos al laboratorio.

✓ Fase III: Análisis de los materiales en el laboratorio

Posteriormente, teniendo las muestras en laboratorio, se realizaron sus estudios de acuerdo a la norma vigente.

✓ Fase IV: Análisis de resultados obtenidos

Una de las etapas más importantes de esta investigación fue de procesar los datos a tablas y gráficos en Excel, redactarlos en Word con el fin de analizarlos, compararlos y finalmente generar las recomendaciones y/o conclusiones del presente estudio.

✓ Fase V: Culminación de la investigación

El paso final de esta investigación es presentarlo ante el jurado para que lo revise y que haga las respectivas observaciones, subsanarlas y hacer la presentación final para posteriormente su revisión y difusión.

Matriz de consistencia

A continuación, presento la siguiente matriz de consistencia del presente estudio:

Tabla 3. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA	
TITULO	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
PROBLEMA	¿Habrà correlación entre sus 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?
OBJETIVO GENERAL	Realizar estudio sobre la correlación de los 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
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<input type="checkbox"/> Recopilar información de estudios de mecánica de suelos en la Urbanización Villa del Norte. <input type="checkbox"/> Identificar la ubicación de los puntos en donde se va a realizar la investigación. <input type="checkbox"/> Clasificar el tipo de suelo en cada punto de sondeo en donde se hará la investigación. <input type="checkbox"/> Realizar el ensayo SPT (05 puntos) a una profundidad de 3m en la Urbanización Villa del Norte. <input type="checkbox"/> Realizar el ensayo DPL (05 puntos) a una profundidad de 3m en la Urbanización Villa del Norte. <input type="checkbox"/> Realizar el ensayo DPL (10 puntos) a una profundidad de 0.5m en la Urbanización Villa del Norte. <input type="checkbox"/> Realizar el ensayo Cono de Arena(10 puntos) a una profundidad de 0.2m en la Urbanización Villa del Norte. <input type="checkbox"/> Determinar los resultados del ensayo SPT. <input type="checkbox"/> Determinar los resultados del ensayo DPL en ambas profundidades. <input type="checkbox"/> Determinar los resultados del ensayo Cono de Arena. <input type="checkbox"/> Hallar la correlación lineal entre los resultados de los ensayos SPT y DPL. <input type="checkbox"/> Hallar la correlación lineal entre los resultados de los ensayos DPL y Cono de Arena.
HIPÓTESIS	Sí hay correlación entre sus resultados de los ensayos SPT, DPL; DPL y Cono de Arena, en suelos arcillosos aplicado a edificaciones en la urbanización Villa del Norte, Chiclayo, Lambayeque 2021
VARIABLES	<input type="checkbox"/> Variable Independiente: Ensayo SPT, DPL, Cono de Arena. <input type="checkbox"/> Variables Dependientes: Correlacion de Resultados de los Ensayos.

Nota: Esta tabla muestra la matriz de consistencia de la investigación

Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas en esta investigación se ponen a manifiesto en la veracidad que se ha tenido para realizar los ensayos de laboratorio, obtener los resultados y poder discutirlos, por consiguiente, emitir nuestras propias conclusiones y recomendaciones. Por lo cual puedo afirmar que todos los datos obtenidos son de carácter serio y honesto, sobre todo veraces, por lo que se pueden tomar como referencia para otras futuras investigaciones.

Hay que tener en cuenta que esta investigación se basó también en otras tesis similares a nivel internacional, nacional y local, ya expuestas anteriormente en los antecedentes, de tal forma que gracias a sus resultados pudimos tomar criterio para discutirlos con mis resultados.

Por último, estos resultados están sujetos a variar dependiendo del tiempo y lugar. De todos modos, estos datos son válidos bajos estas características y referenciales para futuras investigaciones.

Resultados

Ensayos de Laboratorio

Granulometría

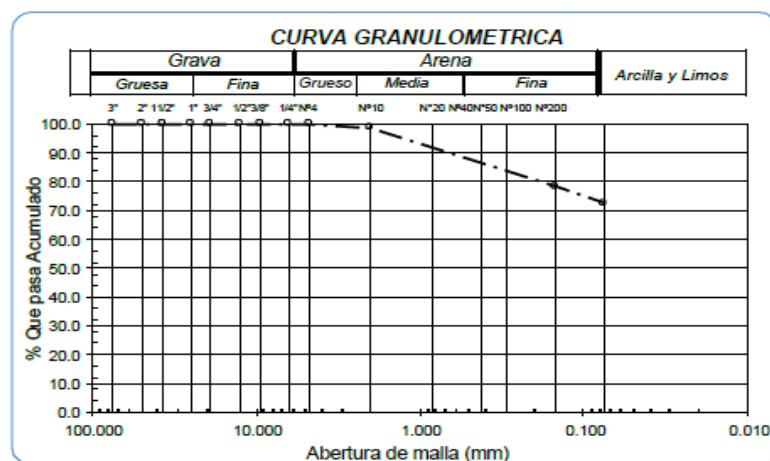
a. Calicata 01

Tabla 4. Análisis granulométrico de la Calicata 01

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.3	98.7
N° 20	0.850	4.2	95.8
N° 50	0.300	18.6	81.4
N° 100	0.150	21.6	78.4
N° 200	0.075	27.6	72.4
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F %	0.0	
% Arena	A.G %	1.3	27.6
	A.M %	12.0	
	A.F %	14.3	
% Arcilla y Limo		72.4	72.4
Total			100.0

Nota: Esta tabla muestra el análisis granulométrico de la investigación

Figura 7. Curva Granulométrica de la calicata 01



Nota: Esta figura muestra la curva granulométrica de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de granulometría de la calicata N°01 a una profundidad de 0.40m-3.00m, en la cual del 100% de la muestra el 27.6% es arena y el 72.4% es arcilla y limo.

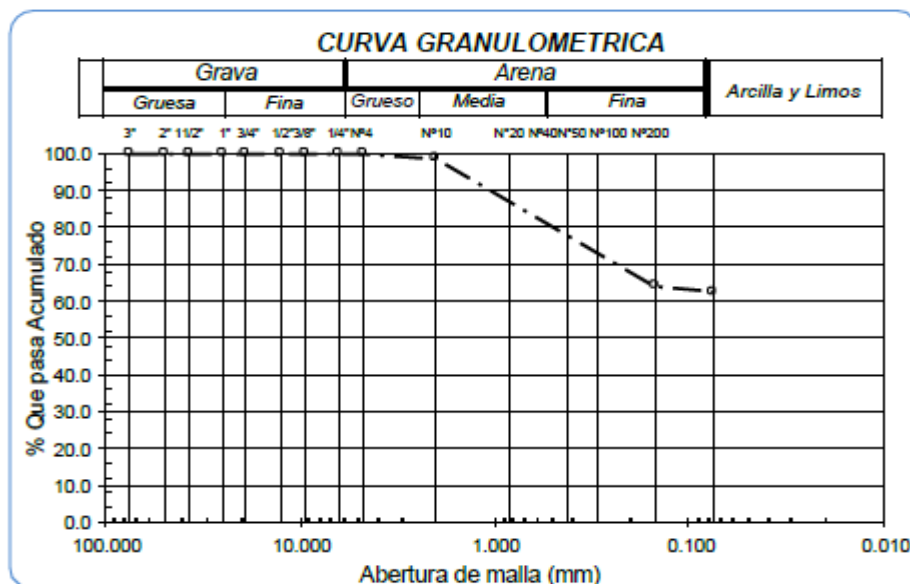
b. Calicata 02

Tabla 5. Análisis granulométrico de la Calicata 02

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.3	98.7
N° 20	0.850	4.3	95.7
N° 50	0.300	21.8	78.2
N° 100	0.150	35.8	64.2
N° 200	0.075	37.6	62.4
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F %	0.0	
% Arena	A.G %	1.3	37.6
	A.M %	13.9	
	A.F %	22.4	
% Arcilla y Limo		62.4	62.4
Total			100.0

Nota: Esta tabla muestra el análisis granulométrico de la investigación

Figura 8. Curva Granulométrica de la calicata 02



Nota: Esta figura muestra la curva granulométrica de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de granulometría de la calicata N°02 a una profundidad de 0.30m-2.90m, en la cual del 100% de la muestra el 37.6% es arena y el 62.4% es arcilla y limo.

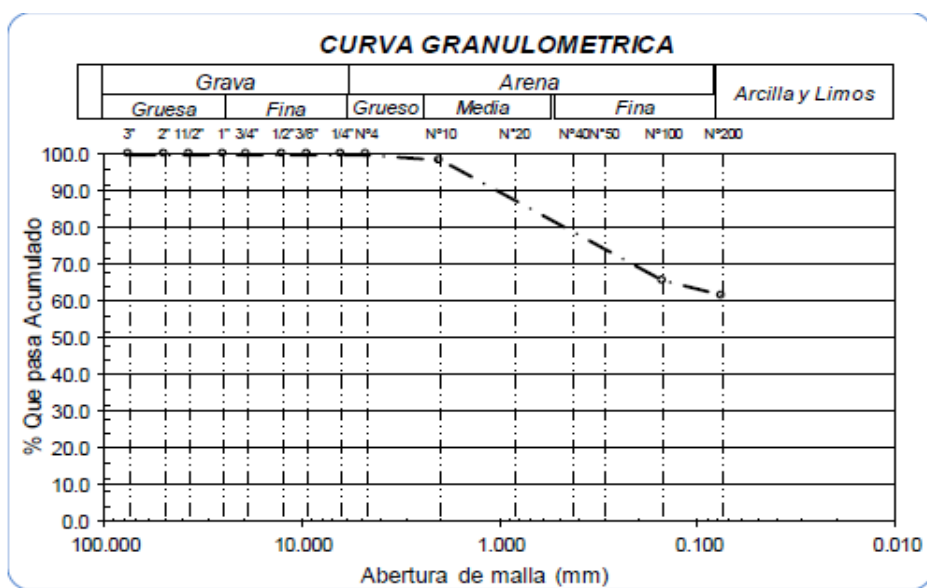
a. Calicata 03

Tabla 6. Análisis granulométrico de la Calicata 03

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.5	98.5
N° 20	0.850	5.6	94.4
N° 50	0.300	20.8	79.2
N° 100	0.150	34.3	65.7
N° 200	0.075	38.4	61.6
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	
% Arena	A.G. %	1.5	38.4
	A.M. %	20.3	
	A.F. %	16.6	
% Arcilla y Limo		61.6	61.6
Total			100.0

Nota: Esta tabla muestra el análisis granulométrico de la investigación

Figura 9. Curva Granulométrica de la calicata 03



Nota: Esta figura muestra la curva granulométrica de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de granulometría de la calicata N°03 a una profundidad de 0.30m-2.90m, en la cual del 100% de la muestra el 38.4% es arena y el 61.6% es arcilla y limo.

Límites de consistencia

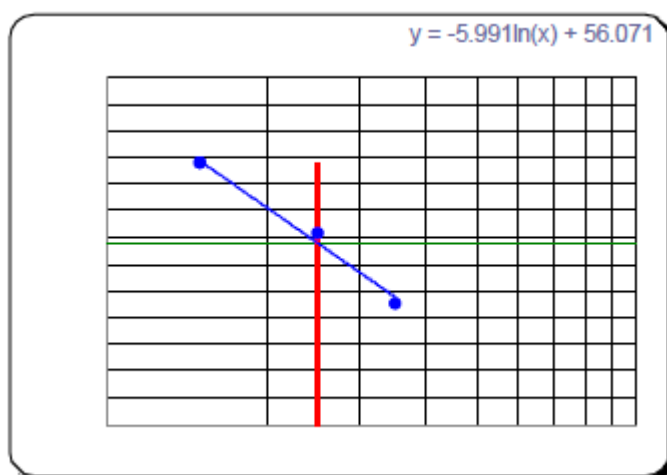
a. Calicata 01

Tabla 7. Límites de Atterberg de la Calicata 01

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	36.79 (%)
Límite Plástico (LP)	22.30 (%)
Índice Plástico (IP)	14.48 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo Arcilla de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-6 (9)
Descripción	
MALO	

Nota: Esta tabla muestra el ensayo de Límite de Atterberg de la investigación

Figura 10. Curva de Fluidez de la calicata 01



Nota: Esta figura muestra la curva de Fluidez de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de límites de consistencia de la calicata N°01 a una profundidad de 0.40m-3.00m, en la cual el límite líquido es 36.79%, límite plástico es 22.30%, índice plástico 14.48%, por lo cual dentro de la clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-6(9), por lo tanto, se concluye que es Arcilla de baja plasticidad con arena con una curva de fluidez $Y = -5.991 \ln(x) + 56.071$.

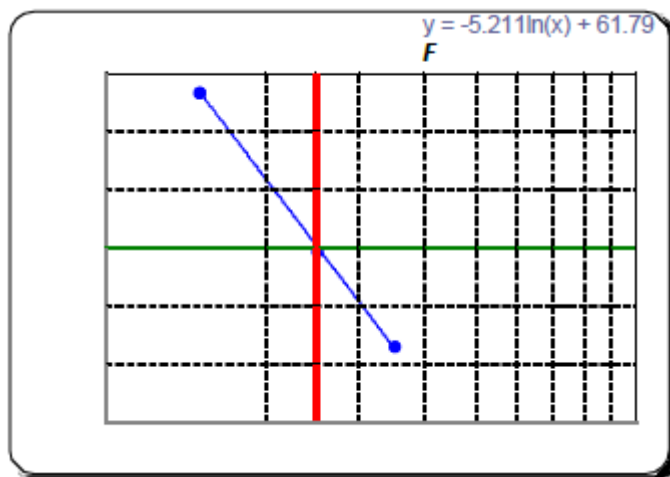
b. Calicata 02

Tabla 8. Límites de Atterberg de la Calicata 02

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	45.02 (%)
Límite Plástico (LP)	22.70 (%)
Índice Plástico (IP)	22.32 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo Arcilla arenosa de baja plasticidad	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (11)
Descripción MALO	

Nota: Esta tabla muestra el ensayo de Límite de Atterberg de la investigación

Figura 11. Curva de Fluidez de la calicata 02



Nota: Esta figura muestra la curva de Fluidez de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de límites de consistencia de la calicata N°02 a una profundidad de 0.30m-2.90m, en la cual el límite líquido es 45.02%, límite plástico es 22.70%, índice plástico 22.32%, por lo cual dentro de la clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-7-6(11), por lo tanto, se concluye que es Arcilla arenosa de baja plasticidad con una curva de fluidez $Y = -5.211 \ln(x) + 61.79$.

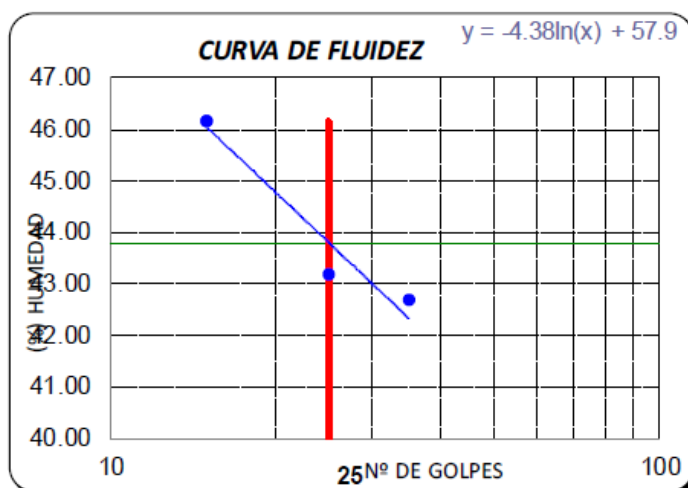
c. Calicata 03

Tabla 9. Límites de Atterberg de la Calicata 03

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	43.80 (%)
Límite Plástico (LP)	26.37 (%)
Índice Plástico (IP)	21.40 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo Arcilla arenosa de baja plasticidad	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (8)
Descripción MALO	

Nota: Esta tabla muestra el ensayo de Límite de Atterberg de la investigación

Figura 12. Curva de Fluidez de la calicata 03



Nota: Esta figura muestra la curva de Fluidez de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de límites de consistencia de la calicata N°03 a una profundidad de 0.30m-2.90m, en la cual el límite líquido es 43.80%, límite plástico es 26.37%, índice plástico 21.40%, por lo cual dentro de la clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-7-6(8), por lo tanto, se concluye que es Arcilla arenosa de baja plasticidad con una curva de fluidez $Y=-4.38\ln(x)+57.9$.

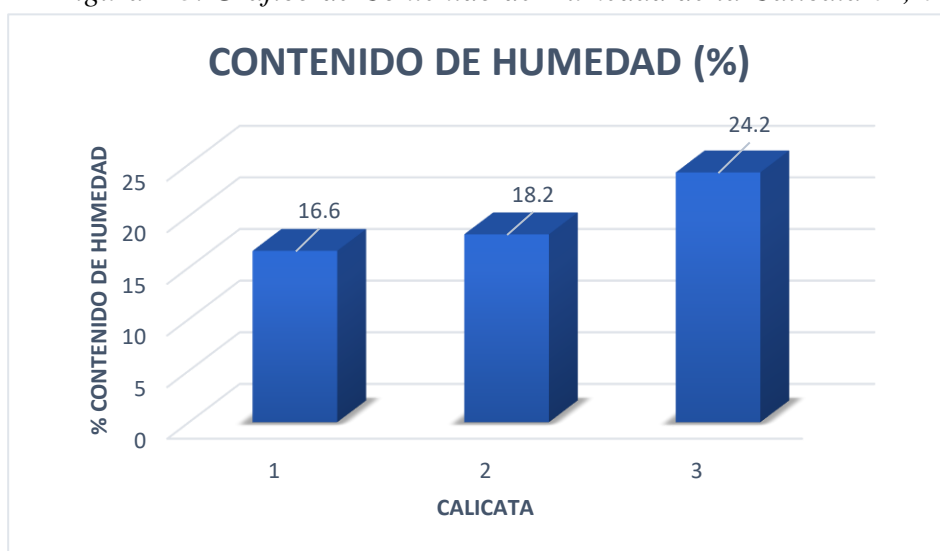
Contenido de Humedad

Tabla 10. Contenido de Humedad de la Calicata 01, 02 y 03

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
01	16.6
02	18.2
03	24.20

Nota: Esta tabla muestra el contenido de humedad de la investigación

Figura 13. Gráfico de Contenido de Humedad de la Calicata 01, 02 y



Nota: Esta figura muestra el Contenido de Humedad de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de contenido de humedad de la calicata N°01 a una profundidad de 0.40m-3.00m, calicata N°02 a una profundidad de 0.30m-2.90m, la calicata N°03 a una profundidad de 0.30m-2.90m, en la cual el contenido de humedad es 16.6%, 18.2% y 14.20, respectivamente.

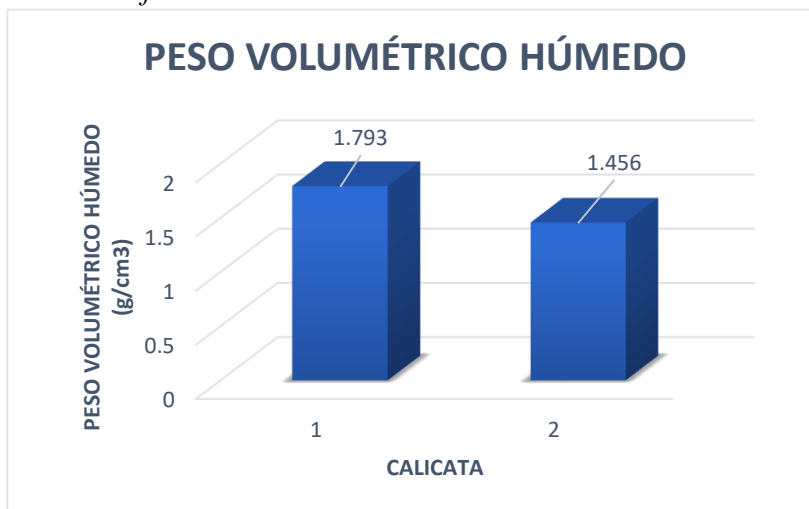
Peso Volumétrico

Tabla 11. Peso Volumétrico de la Calicata 01 y 02.

CALICATA	PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO (g/cm ³)	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)
01	1.793	1.964
02	1.456	1.532

Nota: Esta tabla muestra el peso volumétrico de la investigación

Figura 14. Gráfico del Peso Volumétrico Húmedo de la Calicata 01 y 02



Nota: Esta figura muestra el Peso Volumétrico Húmedo de la investigación.

Figura 15. Gráfico del Peso Volumétrico Seco de la Calicata 01 y 02



Nota: Esta figura muestra el Peso Volumétrico Seco de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de peso volumétrico de la calicata N°01 a una profundidad de 0.80m-3.00m, calicata N°02 a una profundidad de 1.30m-2.00m; en la cual el peso volumétrico Húmedo es 1.793 g/cm³ y 1.456 g/cm³, respectivamente; el peso volumétrico Seco es 1.964 g/cm³ y 1.532 g/cm³, respectivamente.

Compactación de Suelos

a. Calicata 01

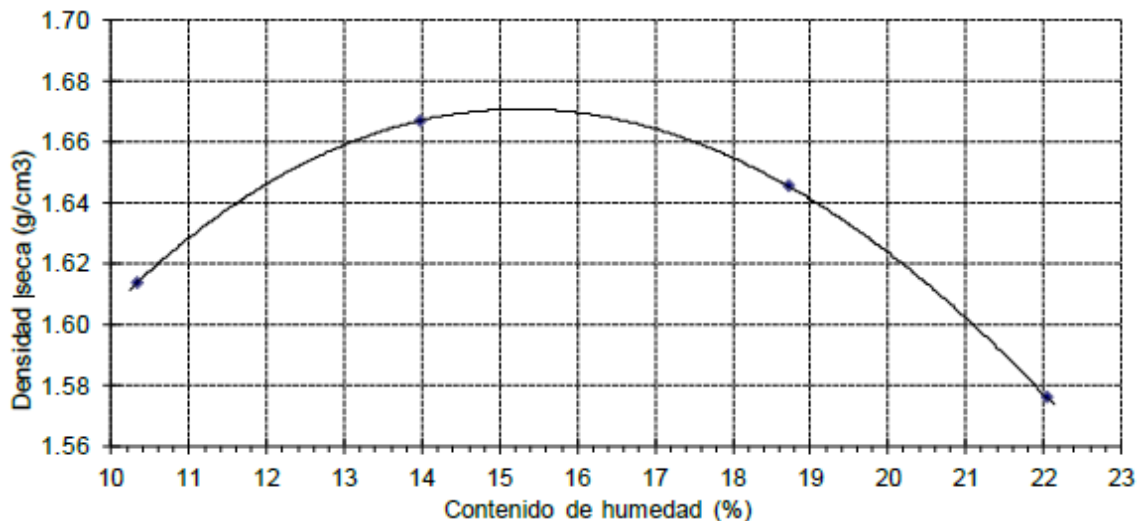
Tabla 12. Compactación de Suelos de la Calicata 01.

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g):	5856	5968	6018	5990
2.- Peso del molde	(g):	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³):	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad húmeda	(g/cm ³):	1.780	1.900	1.953	1.923
5.- N° de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo húmedo	(g):	502	501.5	510.5	508.9
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g):	455	440	430	417
8.- Peso del agua	(g):	47	61.5	80.5	91.9
9.- Peso de la tara	(g):	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g):	455	440	430	417
11.- Contenido de humedad	(%):	10.33	13.98	18.72	22.04
12.- Densidad seca	(g/cm ³):	1.614	1.667	1.645	1.576

Máxima Densidad Seca	1.672	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	15.4	%

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo de compactación de suelos de la investigación

Figura 16. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 01



Nota: Esta figura muestra el *Contenido de Humedad vs Densidad Seca* de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/mm³) en la cual la calicata N°01 la máxima densidad seca es de 1.672 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad es 15.4%.

b. Calicata 02

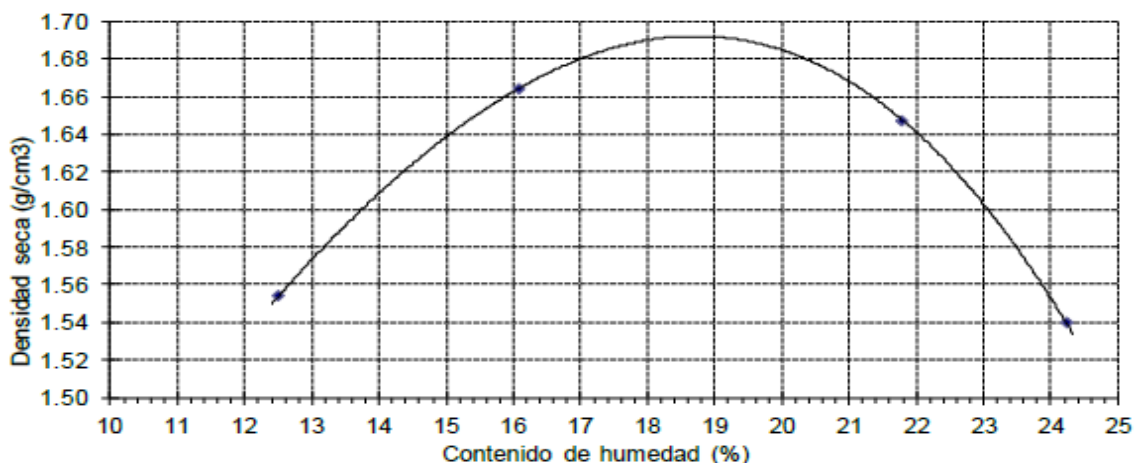
Tabla 13. Compactación de Suelos de la Calicata 02

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	5826	5998	6068	5980
2.- Peso del molde	(g)	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³)	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.748	1.932	2.007	1.913
5.- N° de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo húmedo	(g)	450	458.5	468.9	475.8
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g)	400	395	385	383
8.- Peso del agua	(g)	50	63.5	83.9	92.8
9.- Peso de la tara	(g)	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g)	400	395	385	383
11.- Contenido de humedad	(%)	12.50	16.08	21.79	24.23
12.- Densidad seca	(g/cm ³)	1.554	1.664	1.647	1.540

Máxima Densidad Seca	1.692	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	18.75	%

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo de compactación de suelos de la investigación

Figura 17. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 02.



Nota: Esta figura muestra el *Contenido de Humedad vs Densidad Seca* de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/mm³) en la cual la calicata N°02 la máxima densidad seca es de 1.692 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad es 18.75%.

c. Calicata 03

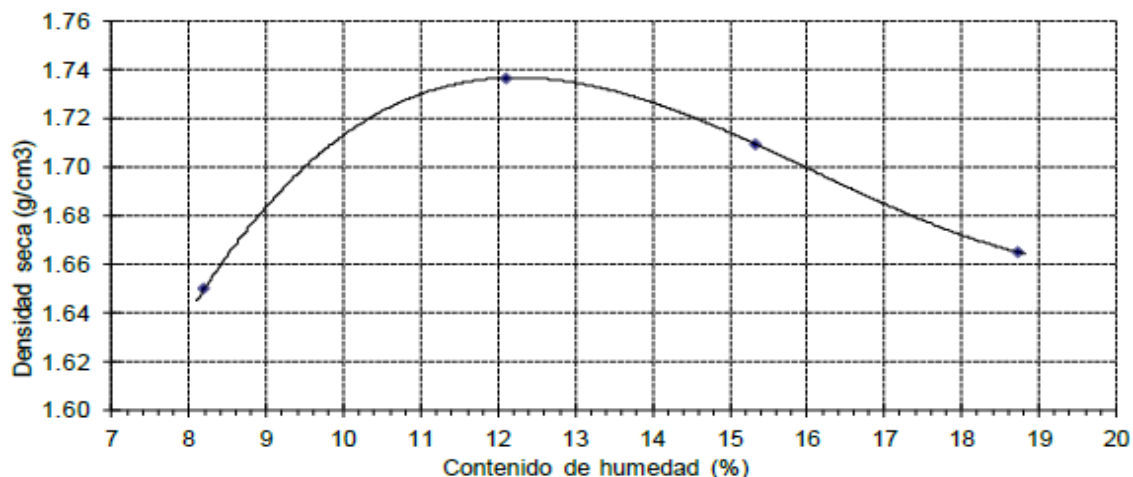
Tabla 14. Compactación de Suelos de la Calicata 03

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	5860	6012	6035	6040
2.- Peso del molde	(g)	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³)	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.785	1.947	1.971	1.977
5.- N° de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo húmedo	(g)	445.1	466.6	494	507.1
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g)	411.4	416.2	428.3	427.1
8.- Peso del agua	(g)	33.7	50.4	65.7	80
9.- Peso de la tara	(g)	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g)	411.4	416.2	428.3	427.1
11.- Contenido de humedad	(%)	8.19	12.11	15.34	18.73
12.- Densidad seca	(g/cm ³)	1.649	1.736	1.709	1.665

Máxima Densidad Seca	1.736	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	12.50	%

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo de compactación de suelos de la investigación

Figura 18. Gráfico del Contenido de Humedad vs Densidad Seca de la Calicata 03.



Nota: Esta figura muestra el *Contenido de Humedad vs Densidad Seca* de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/mm³) en la cual la calicata N°03 la máxima densidad seca es de 1.736 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad es 12.5%.

Ensayos in Situ

SPT (H=3m)

Tabla 15. Resultados de ensayo SPT(H=3m)

PROF.(m)	SPT (NÚMERO DE GOLPES)				
	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5
0.00-0.15	0	0	0	0	0
0.15-0.30	0	0	0	0	0
0.30-0.45	0	0	0	0	0
0.45-0.60	7	6	6	7	6
0.60-0.75	7	7	7	7	7
0.75-0.90	9	9	8	8	9
0.90-1.05	12	8	8	8	9
1.05-1.20	12	9	9	8	9
1.20-1.35	11	9	10	8	9
1.35-1.50	11	9	11	9	9
1.50-1.65	12	9	13	9	10
1.65-1.80	13	9	14	9	10
1.80-1.95	15	8	15	10	13
1.95-2.10	15	10	15	12	15
2.10-2.25	17	10	17	12	15
2.25-2.40	17	10	17	12	15
2.40-2.55	18	10	18	12	15
2.55-2.70	18	12	18	13	15
2.70-2.85	17	12	18	14	16
2.85-3.00	19	13	18	14	16
3.00-3.15	20	13	18	15	17

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo SPT (H=3.0m) de la investigación

Se visualizan los resultados del ensayo SPT de los 5 puntos sondeados de 0m hasta una profundidad de 3.15m, en la cual se ha ordenado en una tabla que vincula una determinada profundidad con su respectivo número de golpes, se observa que en los primeros 45cm no se registran número de golpes y conforme va aumentando la profundidad el número de golpes también se va incrementando.

DPL (H=3m)*Tabla 16. Resultados de ensayo DPL(H=3m)*

PROF.(m)	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3			PUNTO 4			PUNTO 5		
	DPL1	DPL2	DPL3	DPL1	DPL2	DPL3	DPL1	DPL2	DPL3	DPL1	DPL2	DPL3	DPL1	DPL2	DPL3
0.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	4	3	3	3
0.2	9	9	8	6	6	5	6	5	6	3	3	4	3	3	3
0.3	9	8	9	5	7	6	7	6	7	4	3	3	4	3	3
0.4	5	5	6	3	5	5	4	3	4	3	4	4	4	3	4
0.5	3	4	5	3	5	4	2	2	2	3	3	4	2	2	2
0.6	3	4	4	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2
0.7	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	3	5	2	3	3
0.8	2	3	3	2	3	3	2	2	3	4	4	5	2	2	3
0.9	3	3	3	2	3	3	2	2	3	4	4	4	2	2	3
1	2	3	3	2	3	2	2	4	3	4	3	4	2	4	3
1.1	3	4	5	3	3	3	4	4	5	4	5	4	4	4	5
1.2	3	4	5	3	3	3	4	5	4	5	5	5	4	5	4
1.3	5	6	7	3	4	3	6	5	6	5	5	6	6	5	6
1.4	9	10	11	3	4	4	8	7	7	4	4	5	8	7	7
1.5	9	10	11	4	4	5	8	8	9	4	4	5	8	8	9
1.6	8	9	10	4	5	4	10	9	11	4	5	5	10	9	11
1.7	9	10	11	6	4	4	11	10	10	4	5	4	10	10	10
1.8	12	12	13	6	5	5	12	11	11	4	5	4	11	11	11
1.9	12	12	12	7	6	7	15	14	15	6	6	5	11	14	14
2	11	12	11	5	5	4	15	15	15	8	7	6	13	14	14
2.1	12	12	13	7	7	7	15	14	14	8	8	7	13	14	14
2.2	13	13	13	7	8	8	17	16	16	8	9	8	15	16	16
2.3	12	12	13	11	10	11	17	17	16	9	9	8	15	17	16
2.4	13	14	13	11	11	11	18	19	17	10	9	9	15	16	16
2.5	12	14	12	10	11	11	19	19	18	11	10	10	17	16	18
2.6	14	15	14	10	10	10	21	20	18	11	10	11	17	16	18
2.7	14	15	14	10	11	10	20	21	19	12	11	11	17	16	18
2.8	15	15	15	13	13	12	19	18	16	11	11	12	17	17	18
2.9	14	14	15	9	10	9	18	17	16	10	12	12	18	17	18
3	14	15	15	12	12	11	18	17	17	11	12	12	18	17	18

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo DPL (H=3.0m) de la investigación

Se visualizan los resultados del ensayo DPL de los 5 puntos sondeados de 0m hasta una profundidad de 3.0m, recalcar que por cada punto se han realizado 03 sondajes en la cual se han ordenado en una tabla que vincula una determinada profundidad con su respectivo número de golpes, se observa que superficialmente se registran número de golpes mínimos y conforme va aumentando la profundidad el número de golpes también se va incrementando.

DPL (H=0.5m)*Tabla 17. Resultados de ensayo DPL(H=0.5m)*

PROF.(m)	Número de Golpes									
	DPL1	DPL2	DPL3	DPL4	DPL5	DPL6	DPL7	DPL8	DPL9	DPL10
0.1	7	30	3	4	11	10	7	12	20	7
0.2	7	20	2	6	5	10	7	9	15	10
0.3	2	8	3	6	2	7	6	10	7	9
0.4	3	8	3	2	2	6	7	10	6	7
0.5	3	6	3	2	3	3	5	9	6	7
0.6	1	8	3	3	2	3	9	8	4	7

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo DPL (H=0.5m) de la investigación

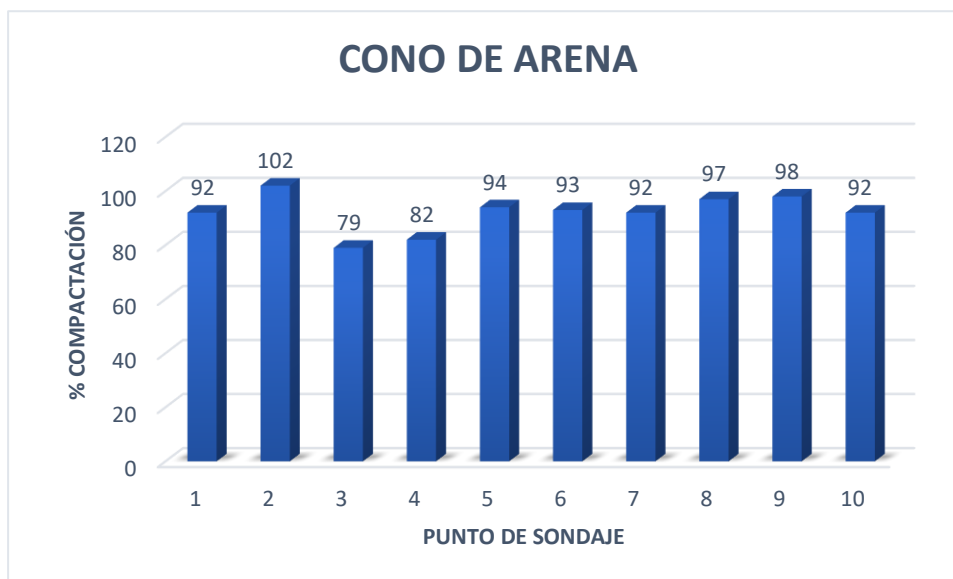
Se visualizan los resultados del ensayo DPL de los 10 puntos sondeados de 0m hasta una profundidad de 0.60m en la cual se han ordenado en una tabla que vincula una determinada profundidad con su respectivo número de golpes, se observa que en las dos primeras capas se registran los números de golpes máximos.

Cono de Arena (H=0.2m)*Tabla 18. Resultados de ensayo Cono De Arena (H=0.2m)*

MUESTRA	%COMPACTACIÓN
C.A.1	92
C.A.2	102
C.A.3	79
C.A.4	82
C.A.5	94
C.A.6	93
C.A.7	92
C.A.8	97
C.A.9	98
C.A.10	92

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo Cono de Arena (H=0.2m) de la investigación

Figura 19. Gráficos de resultados de ensayo Cono De Arena (H=0.2m)



Nota: Esta figura muestran los resultados de los 10 puntos del ensayo Cono de Arena de la investigación.

Se visualizan los resultados del ensayo Cono de Arena de los 10 puntos sondeados en la cual se ve que el porcentaje de compactación máximo se da en el punto de exploración N°02 con 102% y el mínimo se registra en el N°03 con 79%, de los 10 puntos de sondaje con un promedio de 92.1% de compactación.

Correlación lineal de resultados de SPT y DPL

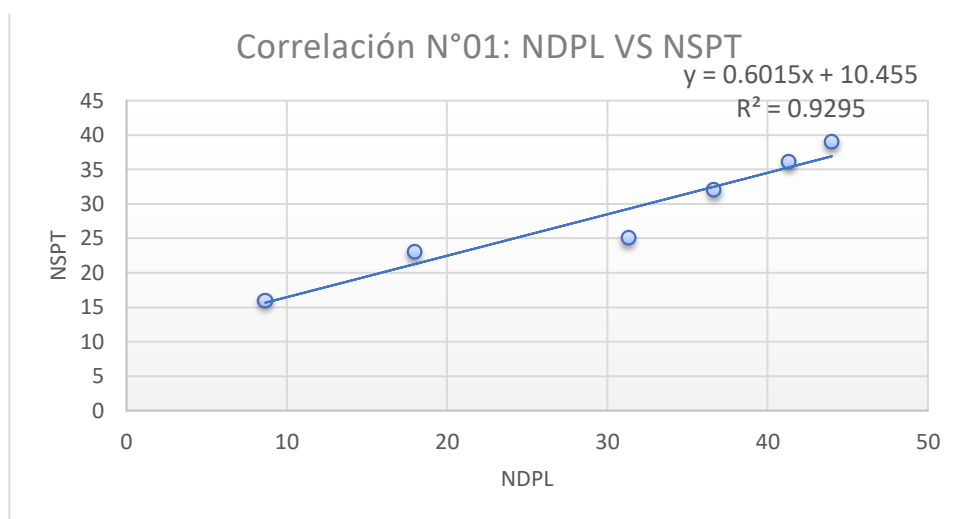
a. PUNTO 01

Tabla 19. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°01

PUNTO N°01	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	23	22	23	23	0
0.45m-0.90m	8	9	9	9	16
0.90m-1.35m	15	18	21	18	23
1.35m-1.80m	29	31	34	31	25
1.80m-2.25m	36	37	37	37	32
2.25m-2.70m	40	44	40	41	36
2.70m-3.15m	43	44	45	44	39

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de la investigación

Figura 20. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL del punto de sondaje N° 01, la cual se concluye con la función matemática $Nspt=0.6015Ndpl+10.455$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9295$.

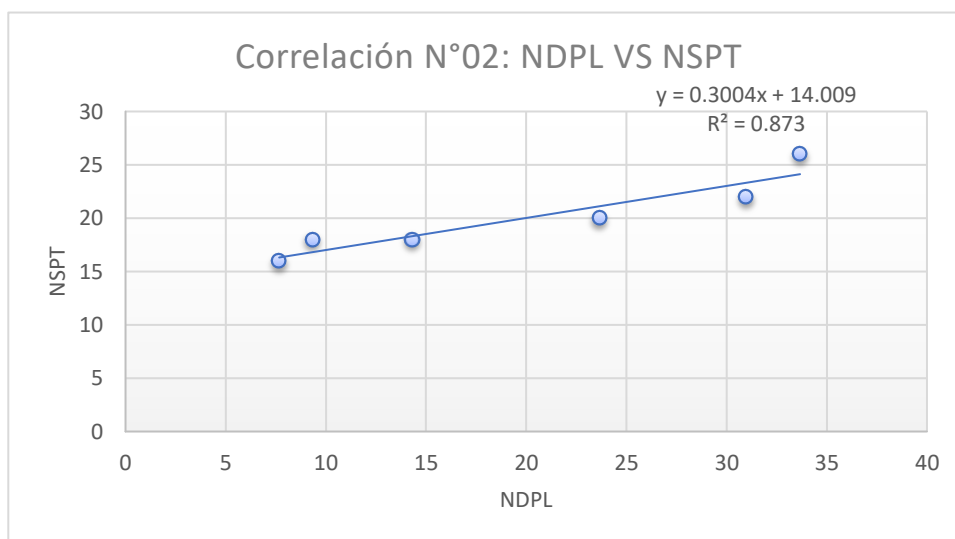
b. PUNTO 02

Tabla 20. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°02

PUNTO N°02	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	14	18	16	16	0
0.45m-0.90m	6	8	9	8	16
0.90m-1.35m	9	10	9	9	18
1.35m-1.80m	16	14	13	14	18
1.80m-2.25m	23	24	24	24	20
2.25m-2.70m	30	32	31	31	22
2.70m-3.15m	34	35	32	34	26

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de la investigación

Figura 21. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL del punto de sondaje N° 02, la cual se concluye con la función matemática $Nspt=0.3004Ndpl+14.009$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.873$.

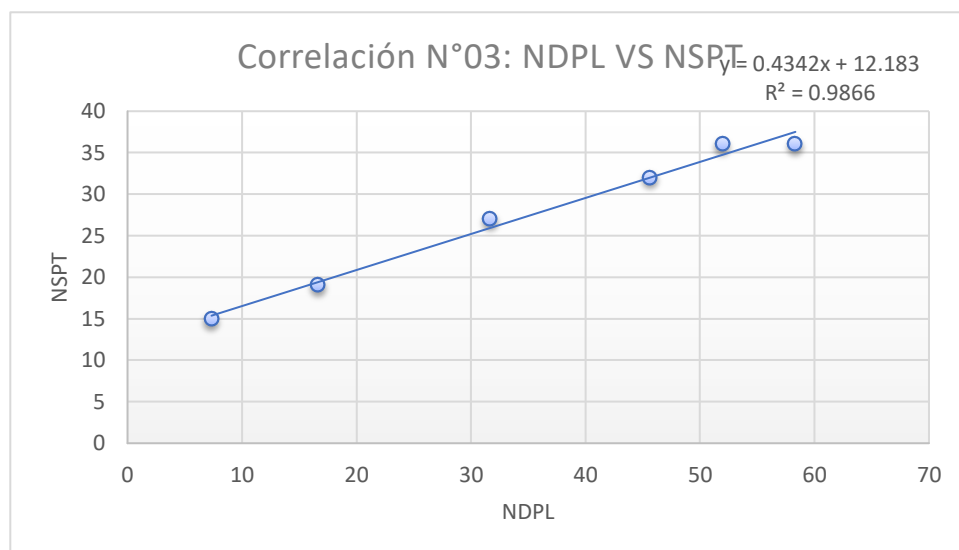
c. PUNTO 03

Tabla 21. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°03

PUNTO N°03	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	17	14	17	16	0
0.45m-0.90m	6	7	9	7	15
0.90m-1.35m	17	16	17	17	19
1.35m-1.80m	33	30	32	32	27
1.80m-2.25m	47	45	45	46	32
2.25m-2.70m	60	60	55	58	36
2.70m-3.15m	55	52	49	52	36

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de la investigación

Figura 22. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°03.



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL del punto de sondaje N° 03, la cual se concluye con la función matemática $Nspt=0.4342Ndpl+12.183$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9866$.

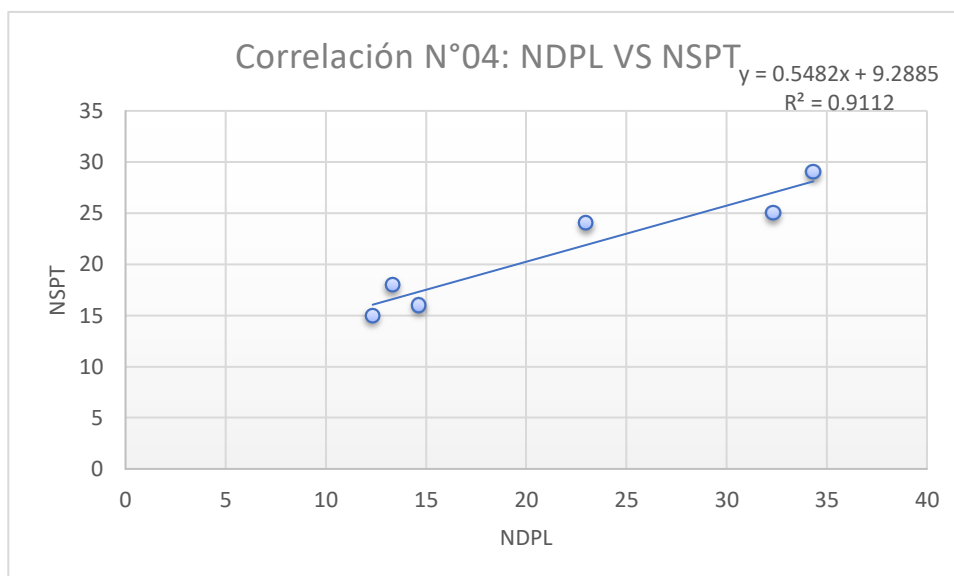
d. PUNTO 04

Tabla 22. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°04

PUNTO N°04	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	10	10	11	10	0
0.45m-0.90m	12	11	14	12	15
0.90m-1.35m	14	15	15	15	16
1.35m-1.80m	12	15	13	13	18
1.80m-2.25m	24	24	21	23	24
2.25m-2.70m	34	31	32	32	25
2.70m-3.15m	32	35	36	34	29

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de la investigación

Figura 23. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°04.



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL del punto de sondaje N° 04, la cual se concluye con la función matemática $Nspt=0.5482Ndpl+9.2885$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9112$.

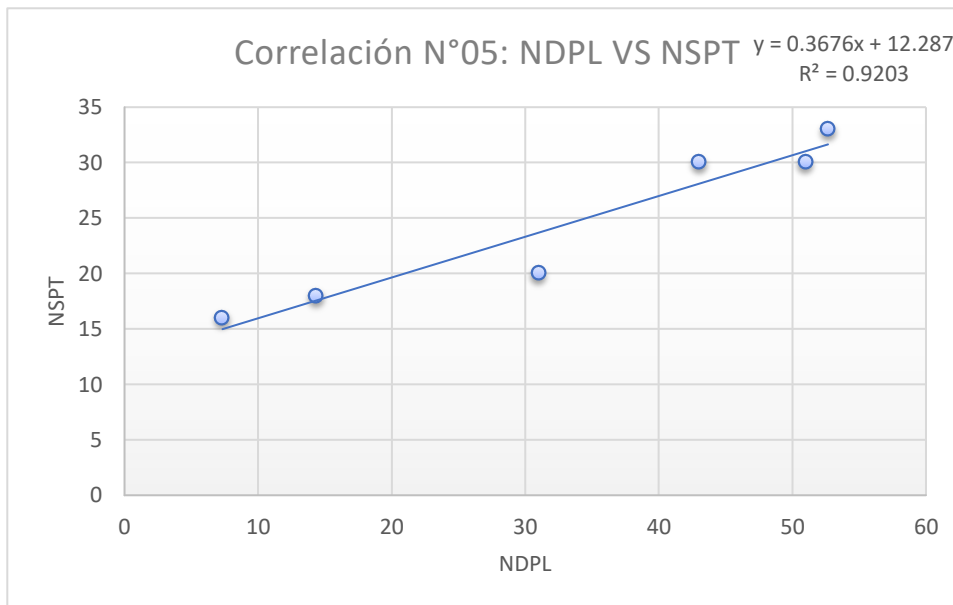
e. PUNTO 05

Tabla 23. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) del punto N°05

PUNTO N°05	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	11	9	10	10	0
0.45m-0.90m	6	7	9	7	16
0.90m-1.35m	14	14	15	14	18
1.35m-1.80m	31	30	32	31	20
1.80m-2.25m	41	44	44	43	30
2.25m-2.70m	51	48	54	51	30
2.70m-3.15m	53	51	54	53	33

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de la investigación

Figura 24. Gráfico de Correlación Lineal de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) del Punto N°05.



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL del punto de sondaje N° 05, la cual se concluye con la función matemática $Nspt=0.3676Ndpl+12.287$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9203$.

f. CORRELACIÓN FINAL

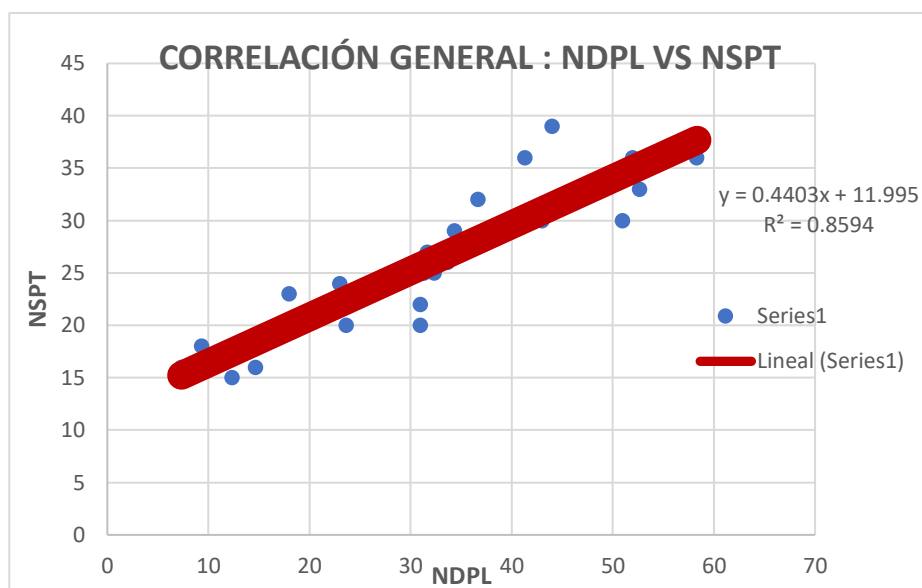
A continuación, se muestran los resultados de los puntos de sondaje, la cual se han tomado los 05 puntos para la correlación final fundamentado en un análisis de desviaciones estándar.

Tabla 24. Número de Golpes del Ensayo DPL y SPT (H=3.0m) de los Puntos 01, 02, 03, 04 y 05

PUNTOS GENERALES	NDPL(X)	NSPT(Y)
P1	9	16
	18	23
	31	25
	37	32
	41	36
	44	39
P2	8	16
	9	18
	14	18
	24	20
	31	22
	34	26
P3	7	15
	17	19
	32	27
	46	32
	58	36
	52	36
P4	12	15
	15	16
	13	18
	23	24
	32	25
	34	29
P5	7	16
	14	18
	31	20
	43	30
	51	30
	53	33

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m) de los 05 puntos de la investigación

Figura 25. Gráfico de Correlación Lineal General de los ensayos SPT y DPL (H=3.0m)



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal general de los ensayos SPT y DPL de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal final del número de golpes entre el ensayo SPT y DPL, la cual se concluye con la función matemática $N_{spt} = 0.4403N_{dpl} + 11.995$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8594$.

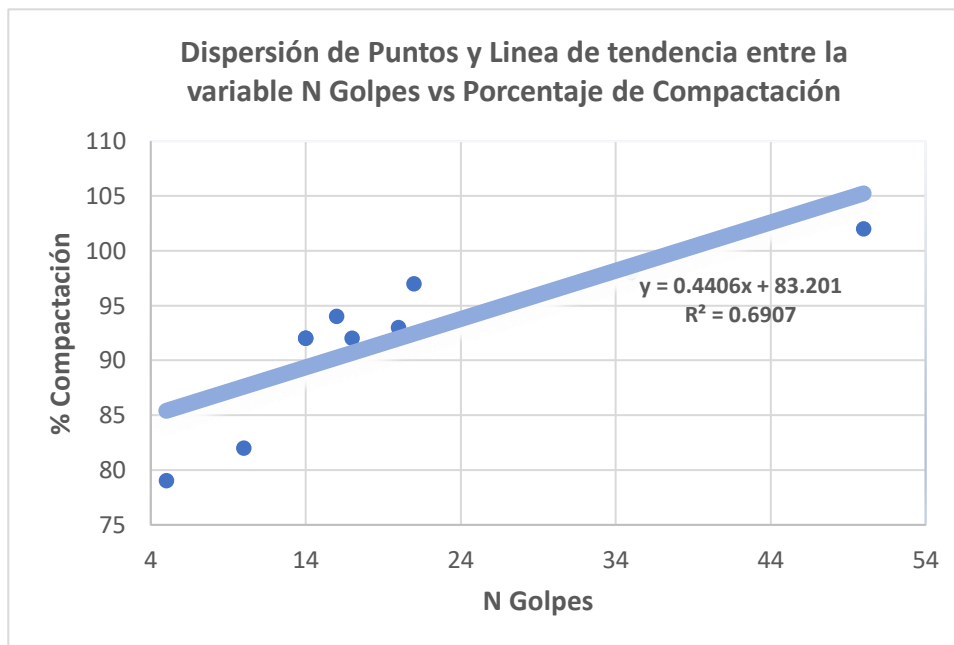
Correlación lineal de resultados de DPL y Cono de Arena

Tabla 25. Número de Golpes y Porcentaje de Compactación del Ensayo DPL y Cono de Arena de los Puntos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10.

MUESTRA	PROFUNDIDAD(m)	NDPL	%COMPACTACION
D1	0.2	14	92
D2	0.2	50	102
D3	0.2	5	79
D4	0.2	10	82
D5	0.2	16	94
D6	0.2	20	93
D7	0.2	14	92
D8	0.2	21	97
D9	0.2	35	98
D10	0.2	17	92

Nota: Esta tabla muestra los resultados del número de Golpes y Porcentaje de Compactación de los ensayos DPL y Cono de Arena de los 10 puntos de la investigación

Figura 26. Gráfico de Correlación Lineal General de los ensayos DPL y Cono De Arena



Nota: Esta figura muestran los resultados de la correlación lineal general de los ensayos DPL y Cono de Arena de la investigación.

Se visualizan los resultados de la correlación lineal final del número de golpes del ensayo DPL y el porcentaje de compactación del CONO DE ARENA, la cual se concluye con la función matemática $N_{dpl} = 0.4406(\% \text{Comp.}) + 83.201$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.6907$.

Discusión

Granulometría

Se compararon nuestros resultados con los de Barrios (2019) [5] la cual tiene 4.20% de grava, 49.10% de arena, 46.65% de finos, por lo que se clasifica como arena arcillosa; el presente estudio tiene el 27.6% es arena y el 72.4% es arcilla y limo, la cual el suelo es distinto ya que se dio en Pimentel y la presente tesis se ha realizado en Villa del Norte, Chiclayo.

Límites de consistencia

Se compararon nuestros resultados con los de Barrios (2019) [5] la cual realizó el estudio en Pimentel y tiene el 30.44% de límite líquido, 16.22% de límite plástico e índice de plasticidad 14.22% y dentro de la clasificación SUCS es un suelo SC y clasificación AASHTO es A-6, por lo que es un suelo de tipo arena arcillosa; la presente tesis tiene el límite líquido de 36.79%, límite plástico es 22.30%, índice plástico 14.48%, por lo cual dentro de la clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-6(9), por lo tanto, se concluye que es Arcilla de baja plasticidad con arena con una curva de fluidez $Y=-5.991\ln(x)+56.071$; los resultados son distintos ya que se ha realizado en distintos suelos, la presente tesis se ha realizado en Villa del Norte, Chiclayo; por todo ello hay que tenerlo en cuenta en el momento de comparar la correlación final.

Ensayos in Situ

SPT (H=3m)

Se compararon nuestros resultados con los de Germán(2019) [5] la cual realizó el estudio en Mocupe cuyo tipo de suelo más predominante fue el CL y se visualiza que sus resultados para este tipo de ensayo son dispersos, en la cual hasta la profundidad de 2.50m el número de golpes incrementa y conforme avanza la profundidad el número de golpes disminuye; sin embargo en la presente investigación, el número de golpes tiene una tendencia creciente conforme aumenta la profundidad.

DPL (H=3m)

Se compararon nuestros resultados con los de Barrios (2019) [5] la cual realizó el estudio en Pimentel por lo que en su data para los primeros 50cm no presenta número de golpes y conforme se va incrementando la profundidad, de la misma forma se van incrementando el número de golpes, en la presente tesis se observa que superficialmente se registran número de golpes mínimos y de la misma forma que Barrios (2019) [5], conforme va aumentando la profundidad el número de golpes también se va incrementando.

DPL (H=0.5m)

Se compararon nuestros resultados con la investigación de Vizcarra (2019), la cual realizó el estudio en Maynas de Loreto cuyo tipo de suelo es arenoso y se visualiza que sus resultados del número de golpes para este tipo de ensayo oscilan entre 15 y 85; mientras que en la presente investigación oscilan entre 14 y 50. Cabe recalcar que son valores que dependen del tipo de suelo y a la vez de la cantidad de puntos de sondeo.

Cono de Arena (H=0.2m)

Se compararon nuestros resultados con la investigación de Vizcarra (2019), la cual realizó el estudio en Maynas de Loreto cuyo tipo de suelo es arenoso y se visualiza que sus resultados para este tipo de ensayo oscilan entre un 99% y un 106%, sin embargo, en la presente investigación, oscilan entre 92% a 102%, por lo que no hay mucha discrepancia en cuanto a los resultados.

Correlación lineal de resultados de SPT y DPL

Se compararon nuestros resultados cuya correlación lineal es $N_{spt}=0.4066N_{dpl}+12.099$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.9225$, con la tesis de Barrios (2019) [5] cuya correlación lineal para suelo CL es $N_{spt}=0.1537(N_{dpl})-0.6325$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.902$, por lo que se verifica que ambas correlaciones son distintas debido a que el suelo es distinto y el espacio no es el mismo, sin embargo Flores(2020) [3], obtiene una correlación lineal más cercana a la obtenida en esta investigación, $N_{spt}=0.5331*N_{dpl}+3.0028$, con un coeficiente de determinación de (R^2) entre 84% y 87%.

Correlación lineal de resultados de DPL y Cono de Arena

Se compararon nuestros resultados cuya correlación lineal es $Ndpl=0.4406(\%Comp.) + 83.201$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.6907$, con la tesis de Vizcarra (2019), obtuvo como correlación lineal $\%Comp.=0.0646Ndpl+96.779$ con un coeficiente de determinación $R^2=0.1645$, por lo que literalmente no se podrían comparar dichas correlaciones.

Conclusiones

Luego de realizar la presente investigación se ha llegado a concluir lo siguiente:

- Se identificó la ubicación de los puntos en donde se realizó la investigación., para SPT-DPL, se han realizado en diferentes zonas de la urbanización Villa del Norte entre las cuales están la Av. Colectora. Prolong. Calle Pimentel y Calle Santa Rosa, DPL-Cono De Arena, se han realizado en la Avenida Antiguo Camino a Santa Rosa (Av. Cieza de Leon y Av. El Comercio) de la Urbanización Villa del Norte, de la ciudad de Chiclayo.
- Se clasificó el tipo de suelo explorando 03 calicatas en la cual la calicata 01 según clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-6(9), por lo tanto, se concluye que es Arcilla de baja plasticidad con arena; para la calicata 02 según SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-7-6(11), por lo tanto, se concluye que es Arcilla arenosa de baja plasticidad; para la calicata 03 según clasificación SUCS es un suelo CL y en AASHTO es A-7-6(8), por lo tanto, se concluye que es Arcilla arenosa de baja plasticidad; por ende en las tres calicatas arrojaron que el suelo es CL y es un suelo tipo Arcilla arenosa de baja plasticidad.
- Se realizaron los ensayos SPT, DPL y Cono de arena, durante los ensayos ejecutados en campo no se identificó nivel freático hasta una profundidad de 3.0m. Las pruebas para los ensayos SPT y DPL, se ejecutaron en terrenos en estado natural para poder realizar las correlaciones bajo esos parámetros, y el ensayo Cono de arena y DPL se hicieron en un suelo Compactado.
- Se determinaron los resultados del ensayo SPT(3m), la cual no se realizaron registro de numero de golpes los primeros 45cm, debido a que se tomó como material de relleno, con lo cual a partir de esa profundidad se registran número de golpes y conforme aumenta la profundidad se incrementan los números de golpes.
- Se determinaron los resultados del ensayo DPL(3m), la cual se visualizó que en los primeros 10cm, se registraron número de golpes, pero mínimos y a partir de esa profundidad se registran números de golpes más significativos y conforme aumenta la profundidad se incrementan los números de golpes.
- Se determinaron los resultados para los ensayos DPL (0.50m) y Cono de Arena (0.20m), la cual se realizó en suelo superficialmente compactado y allí se registraron los números de golpes mayores para el DPL y Cono de Arena y conforme aumentaba la profundidad, los valores del número de golpes decrecía.

- Se determinó la correlación lineal entre los ensayos SPT(3m) y DPL(3m), la cual para el suelo CL es $N_{spt}=0.4403N_{dpl}+11.995$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.8594$ en la urbanización Villa del Norte de la ciudad de Chiclayo.
- Se determinó la correlación lineal entre los ensayos DPL(0.5m) y Cono De Arena(0.20m), la cual para el suelo CL es $N_{dpl}=0.4406(\%Comp.) + 83.201$, con un coeficiente de determinación $R^2=0.6907$, en la urbanización Villa del Norte de la ciudad de Chiclayo.

Recomendaciones

- Se recomienda continuar investigando en la región Lambayeque en el campo de geotecnia, con el fin de poder obtener mayor conocimiento sobre los suelos de la región y en este caso especial otras correlaciones para otros tipos de suelo que nos ayuden a diversificar las alternativas de solución no solo para la exploración sino también para la ejecución de obras.
- Al momento de identificar puntos para poder realizar ensayos de correlación, se recomienda que estos puntos estén cercanos, para que así no haya diferencia entre las propiedades físicas de los suelos ensayados. Y que esa correlación sea válida para ese tipo de suelo
- Se recomienda los equipos utilizados estén debidamente calibrados y en mantenimiento.
- En el caso de ensayos de DPL para estudios de correlación con otras metodologías, se podría optar por realizar 3 ensayos en el mismo punto para ver la veracidad de los resultados.
- Las correlaciones halladas en la presente investigación deben ser tomadas en consideración para futuros estudios de mecánicas de suelos en la zona, con lo que ayudaría para poder realizar más puntos de investigación en menor tiempo.
- Para la ejecución de los ensayos SPT y DPL, DPL y Cono de Arena, se deben contar con el número de operarios suficientes y con experiencia en el rubro, con el fin de no tener dificultades, al momento de efectuar los ensayos.
- Esta tesis tiene limitaciones ya que si hacen nuevos ensayos con el penetrómetro dinámico ligero (DPL) tiene que ser en suelos arcillosos de baja plasticidad con cierto contenido de arena o características apropiadas, es decir consistencia blanda y presentar escasa bolonería o fragmento de roca.

Referencias

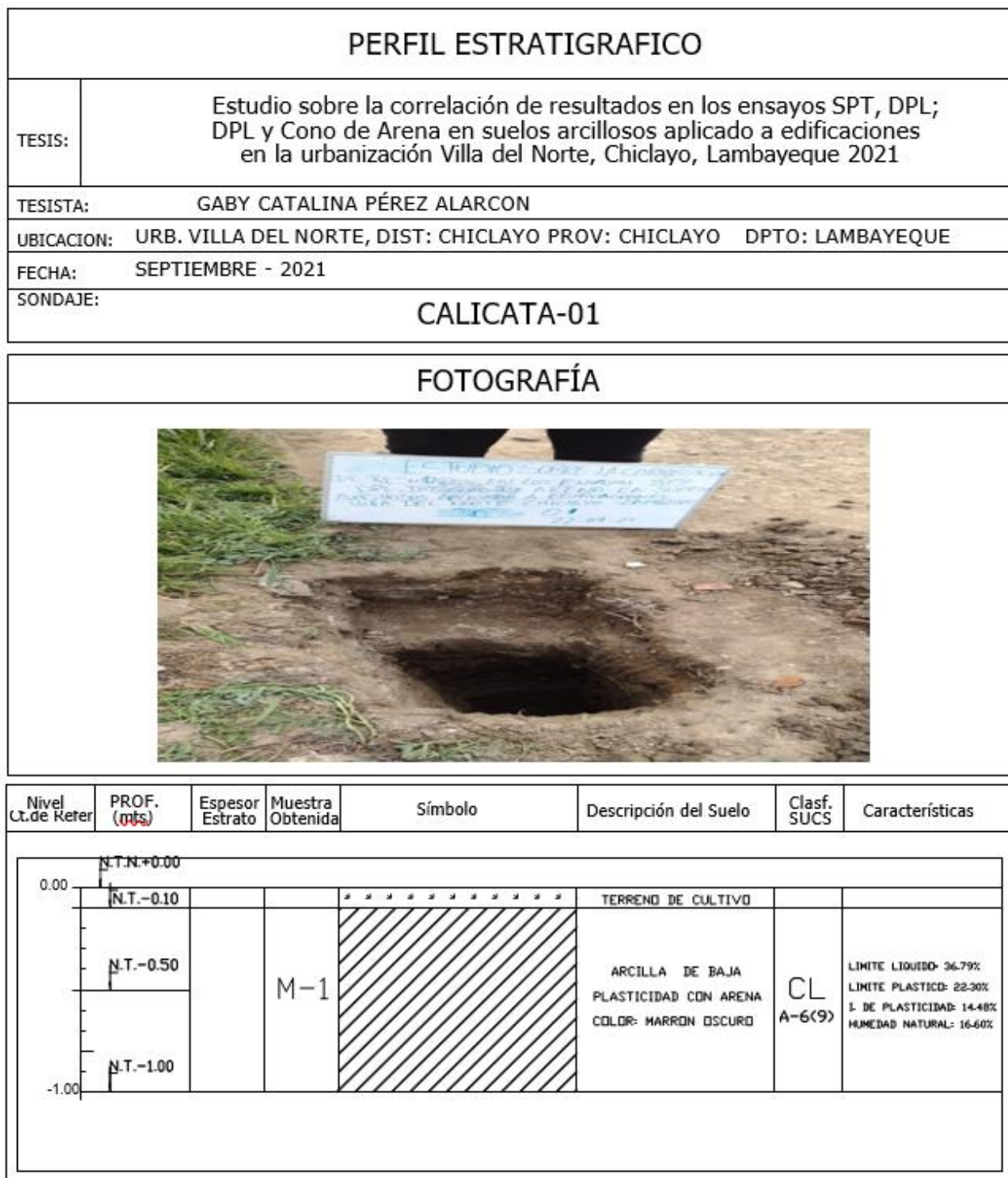
- [1] B. Calderón y A. Arroyo, «Estado del arte sobre las correlaciones entre los valores del ensayo de penetración estándar (SPT) y los parámetros del suelo,» Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, 2021.
- [2] S. Ampadu y F. Kofi, «Deriving SPT N-Values from DCP Test Results: The Case of Foundation Design in a Tropical Environment,» Kwame Nkrumah University of Science and Technology , Ashanti, 2018.
- [3] A. Flores y J. Chávez, «Correlación entre la Auscultación Dinámica Ligera (DPL) y el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) para suelos arenosos de origen aluvial ubicados en el distrito de Chilca, provincia de Cañete-departamento de Lima,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020.
- [4] P. Riveros y O. Taipe, «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,» Universidad Nacional de Huancavelica , Huancavelica, 2019.
- [5] J. Barrios, «Correlación de los resultados con el ensayo de penetración estándar(SPT) y Pentrómetro Dinámico Ligero(DPL) en suelos del P.J. Wilmer Fernandez Malca-Chiclayo,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo , Chiclayo, 2019.
- [6] L. Germán y P. Perez, «Correlacion de los valores en los ensayos SPT, DPL y Corte Directo del Suelo en el Asentamiento Humano Virgen del Carmen-Lagunas-Mocupe,» Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2019.
- [7] C. y. S. Ministerio de Vivienda, «Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.050 Suelos y cimentaciones,» El Peruano, Lima, 2017.
- [8] INACAL, «Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127:1998,» INACAL, Lima, 1998.
- [9] INACAL, «Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128:1999,» INACAL, Lima, 1999.
- [10] INACAL, «Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP 339.129: 1999,» INACAL, Lima, 1999.
- [11] INACAL, «Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo NTP 339.131: 1999,» INACAL, Lima, 1999.
- [12] NEC, Geotecnia y cimentaciones Construcción NEdI, Quito: MIDUVI, 2014.
- [13] C. Vidal, Guía de Trabajo de Excavaciones, Bogota: Ministerio de Trabajo, 2014.
- [14] J. Bevia y L. Bañon, Manual de carreteras, Lima: s.f, 2014.
- [15] B. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, New York: Rosales, 1985.
- [16] N. 339.133, ENSAYO DE SPT, Lima: Indecopi, 1999.
- [17] N. 339.123, «ENSAYO DPL,» INDECOPI, Lima, 2001.
- [18] P. Riveros y O. Taipe, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS A PARTIR DE ENSAYOS DPL Y TRIAXIAL EN SUELOS COHESIVOS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA,» Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, 2019.
- [19] A. D1556, «ENSAYO CONO DE ARENA,» -, -, 2001.
- [20] C. D. Díaz Ramírez y V. E. Puyen Lamas, «Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando Jabonato de Alumbre o Mucílago de Cactus de San Pedro,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [21] INACAL, «Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127:1998,» INACAL, Lima, 1998..
- [22] A. C, «Método de ensayo estándar para densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados ASTM C 29/ C 29M,» ASTM, Pensilvania, 2002.

- [23] S. Larsson y D. Nyaoro, «Correlations of SPT, CPT and DPL Data for Sandy Soil in Tanzania,» Mbeya University of Science and Technology , Tanzania, 2015.
- [24] F. Rojas y J. Zamora, «Correlación de los valores N_{spt} con N_{dpl} en los suelos arenosos de la asociación agropecuaria SUMAC PACHA-LURIN,» Universidad Ricardo Palma, Lima, 2015.
- [25] C. Crespo, Suelos y Cimentaciones, Mexico: Limusa, 2004.
- [26] J. E. Alva, Diseño de Cimentaciones, Lima: ICG.
- [27] J. Suarez, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Bucaramanga: Ltda Ids, 1998.
- [28] Y. Canaza, «Ensayo de Penetración (DPL),» Laboratorio de Suelos, Yulmerth, 2003.
- [29] N. 339.159, «Metodo Normalizado para la auscultación con penetrometro dinamico ligero de punta conica,» INDECOPI, Lima, 2001.

Anexos

Anexo: Ensayos de campo (logueo de calicatas, data de SPT, DPL y densidad de campo).

❖ Perfil estratigráfico de calicata 1




 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

❖ Perfil estratigráfico de calicata 02

PERFIL ESTRATIGRAFICO	
TESIS:	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
TESISTA:	GABY CATALINA PÉREZ ALARCON
UBICACION:	URB. VILLA DEL NORTE, DIST: CHICLAYO PROV: CHICLAYO DPTO: LAMBAYEQUE
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2021
SONDAJE:	CALICATA-02



Nivel Ct. de Rete	PROF. (mts)	Espesor Estrato	Muestra Obtenida	Símbolo	Descripción del Suelo	Clasf. SUCS	Características
0.00	N.T.N+0.00						
	N.T.-0.10			*****	TERRENO DE CULTIVO		
	N.T.-0.50		M-1	Diagonal lines	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR: NARRON OSCURO	CL A-7-6(11)	LIMITE LIQUIDO: 45.82% LIMITE PLASTICO: 22.70% I. DE PLASTICIDAD: 22.32% HUMEDAD NATURAL: 18.20%
	N.T.-1.00						
-1.00							


German Gastelo Chirinos




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

❖ Perfil estratigráfico de calicata 03

PERFIL ESTRATIGRAFICO	
TESIS:	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
TESISTA:	GABY CATALINA PÉREZ ALARCON
UBICACION:	URB. VILLA DEL NORTE, DIST: CHICLAYO PROV: CHICLAYO DPTO: LAMBAYEQUE
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2021
SONDAJE:	CALICATA-03



Nivel Ct.de Keter	PROF. (mts)	Espesor Estrato	Muestra Obtenida	Símbolo	Descripción del Suelo	Clasf. SUCS	Características
0.00	N.T.N.+0.00 N.T.-0.10				TERRENO DE CULTIVO		
			M-1		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR: MARRON OSCURO	CL A-7-6(B)	LIMITE LIQUIDO: 43.80% LIMITE PLASTICO: 26.37% I. DE PLASTICIDAD: 21.40% HUMEDAD NATURAL: 18.20%
3.0m							


German Gastelo Chirinos




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

ENSAYO : SUELOS, Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo In-Situ mediante el cono de arena.
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.143 ASTM D-1556

I.- Ubicación y/o Descripción de Prueba

Nº de Prueba / Nº Base	D - 01	D - 02	D - 03	D - 04	D - 05	D - 06
Cono	4	4	4	4	4	4
Placa	C	C	C	C	C	C

II.- Datos de Campo y de Laboratorio

1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7056	7020	6990	6938	6930	7057
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	2597	2592	2452	2456	2560	2597
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1448	1699	1050	1050	1625	1442
4.-Densidad de la arena	g/cm ³	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
5.-Volumen del material extraído	cm ³	2618	2373	3033	2984	2387	2624
6.-Peso del material + recipiente	g.	4420	4475	4482	4471	4030	4420
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	0	0	0	0	0	0
9.-Peso específico de la grava	g/cm ³	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41
10.-Volumen de la grava	cm ³	0	0	0	0	0	0
11.-Peso de finos	g.	4411	4466	4473	4462	4021	4411
12.-Volumen de finos	cm ³	2618	2373	3033	2984	2387	2624
13.-Densidad natural húmeda	g/cm ³	1.685	1.882	1.475	1.495	1.685	1.681

III.- Contenido de Humedad

14.-Humedad (Speedy)	(%)	10.0	11.0	12.0	9.0	10.0	9.5
15.-Densidad natural seca	g/cm ³	1.532	1.695	1.317	1.372	1.531	1.570

IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)

16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.67	1.67	1.67	1.67	1.69	1.69
17.-ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15.40	15.40	15.40	15.40	18.75	18.75

V.- Resultados Final

18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	(%)	92	102	79	82	94	93
---------------------------	-----	----	-----	----	----	----	----

OBSERVACIONES:

- Ensayo realizado: Chiclayo, 22 de Septiembre del 2021

Calicata	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06
Máxima densidad seca (M.D.S)	1.67	1.67	1.67	1.67	1.69	1.69
Óptimo contenido de humedad (O.C.H)	15.40	15.40	15.40	15.40	18.75	18.75

- Identificación y Ubicación de pruebas designadas por el solicitante.

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

ENSAYO : SUELOS, Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo In-Situ mediante el cono de arena.
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.143 ASTM D-1556

I.- Ubicación y/o Descripción de Prueba

N° de Prueba / N° Base	D - 07	D - 08	D - 09	D - 10
Cono	1	1	1	1
Placa	D	D	D	D

II.- Datos de Campo y de Laboratorio

1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7016	7020	7083	6812
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	2522	2452	2468	2815
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1110	1450	2224	2104
4.-Densidad de la arena	g/cm ³	1.3	1.3	1.3	1.3
5.-Volumen del material extraído	cm ³	2603	2398	1839	1456
6.-Peso del material + recipiente	g.	4475	4482	3462	2590
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0	9.0	9.0
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	0	0	0	0
9.-Peso específico de la grava	g/cm ³	1	1.00	1	1
10.-Volumen de la grava	cm ³	0	0	0	0
11.-Peso de finos	g.	4466	4473	3453	2581
12.-Volumen de finos	cm ³	2603	2398	1839	1456
13.-Densidad natural húmeda	g/cm ³	1.716	1.865	1.877	1.772

III.- Contenido de Humedad

14.-Humedad (Speedy)	(%)	10.0	10.0	10.0	11.0
15.-Densidad natural seca	g/cm ³	1.560	1.695	1.707	1.597

IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)

16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.67	1.67	1.67	1.67
17.-ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.75	18.75	18.75	18.75

V.- Resultados Final

18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	(%)	92	97	98	92
---------------------------	-----	----	----	----	----

OBSERVACIONES:

- Ensayo realizado: Chiclayo, 22 de Septiembre del 2021


Calicata	C-07	C-08	C-09	C-10
Máxima densidad seca (M.D.S)	1.67	1.67	1.67	1.67
Óptimo contenido de humedad (O.C.H)	18.75	18.75	18.75	18.75

- Identificación y Ubicación de pruebas designadas por el solicitante.

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 123351


INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

MUESTRA	%COMPACTACIÓN
C.A.1	92
C.A.2	102
C.A.3	79
C.A.4	82
C.A.5	94
C.A.6	93
C.A.7	92
C.A.8	97
C.A.9	98
C.A.10	92


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351


INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATIS.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

PROF.(m)	ESAYO SPT1	ESAYO SPT2	ESAYO SPT3	ESAYO SPT4	ESAYO SPT5
0.00-0.15	0	0	0	0	0
0.15-0.30	0	0	0	0	0
0.30-0.45	0	0	0	0	0
0.45-0.60	7	6	6	7	6
0.60-0.75	7	7	7	7	7
0.75-0.90	9	9	8	8	9
0.90-1.05	12	8	8	8	9
1.05-1.20	12	9	9	8	9
1.20-1.35	11	9	10	8	9
1.35-1.50	11	9	11	9	9
1.50-1.65	12	9	13	9	10
1.65-1.80	13	9	14	9	10
1.80-1.95	15	8	15	10	13
1.95-2.10	15	10	15	12	15
2.10-2.25	17	10	17	12	15
2.25-2.40	17	10	17	12	15
2.40-2.55	18	10	18	12	15
2.55-2.70	18	12	18	13	15
2.70-2.85	17	12	18	14	16
2.85-3.00	19	13	18	14	16
3.00-3.15	20	13	18	15	17


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROMINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

PROF.(m)	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3			PUNTO 4			PUNTO 5		
	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-1	DPL-2	DPL-3
0.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	4	3	3	3
0.2	9	9	8	6	6	5	6	5	6	3	3	4	3	3	3
0.3	9	8	9	5	7	6	7	6	7	4	3	3	4	3	3
0.4	5	5	6	3	5	5	4	3	4	3	4	4	4	3	4
0.5	3	4	5	3	5	4	2	2	2	3	3	4	2	2	2
0.6	3	4	4	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2
0.7	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	3	5	2	3	3
0.8	2	3	3	2	3	3	2	2	3	4	4	5	2	2	3
0.9	3	3	3	2	3	3	2	2	3	4	4	4	2	2	3
1	2	3	3	2	3	2	2	4	3	4	3	4	2	4	3
1.1	3	4	5	3	3	3	4	4	5	4	5	4	4	4	5
1.2	3	4	5	3	3	3	4	5	4	5	5	5	4	5	4
1.3	5	6	7	3	4	3	6	5	6	5	5	6	6	5	6
1.4	9	10	11	3	4	4	8	7	7	4	4	5	8	7	7
1.5	9	10	11	4	4	5	8	8	9	4	4	5	8	8	9
1.6	8	9	10	4	5	4	10	9	11	4	5	5	10	9	11
1.7	9	10	11	6	4	4	11	10	10	4	5	4	10	10	10
1.8	12	12	13	6	5	5	12	11	11	4	5	4	11	11	11
1.9	12	12	12	7	6	7	15	14	15	6	6	5	11	14	14
2	11	12	11	5	5	4	15	15	15	8	7	6	13	14	14
2.1	12	12	13	7	7	7	15	14	14	8	8	7	13	14	14
2.2	13	13	13	7	8	8	17	16	16	8	9	8	15	16	16
2.3	12	12	13	11	10	11	17	17	16	9	9	8	15	17	16
2.4	13	14	13	11	11	11	18	19	17	10	9	9	15	16	16
2.5	12	14	12	10	11	11	19	19	18	11	10	10	17	16	18
2.6	14	15	14	10	10	10	21	20	18	11	10	11	17	16	18
2.7	14	15	14	10	11	10	20	21	19	12	11	11	17	16	18
2.8	15	15	15	13	13	12	19	18	16	11	11	12	17	17	18
2.9	14	14	15	9	10	9	18	17	16	10	12	12	18	17	18
3	14	15	15	12	12	11	18	17	17	11	12	12	18	17	18


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Areata
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obra : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

PROF.(m)	Número de Golpes									
	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-4	DPL-5	DPL-6	DPL-7	DPL-8	DPL-9	DPL-10
0.1	7	30	3	4	11	10	7	12	20	7
0.2	7	20	2	6	5	10	7	9	15	10
0.3	2	8	3	6	2	7	6	10	7	9
0.4	3	8	3	2	2	6	7	10	6	7
0.5	3	6	3	2	3	3	5	9	6	7
0.6	1	8	3	3	2	3	9	8	4	7


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Azeite
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Anexo : ensayos de laboratorio

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Proyecto : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Setiembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

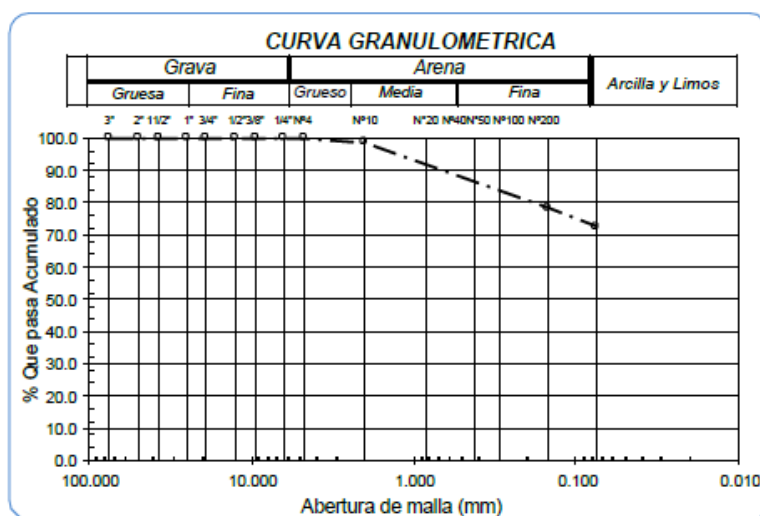
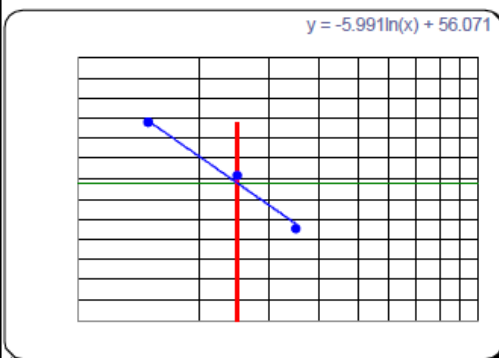
Calicata - C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.40m. - 3.00m.


Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.3	98.7
N° 20	0.850	4.2	95.8
N° 50	0.300	18.6	81.4
N° 100	0.150	21.6	78.4
N° 200	0.075	27.6	72.4
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	
% Arena	A.G. %	1.3	27.6
	A.M. %	12.0	
	A.F. %	14.3	
% Arcilla y Limo		72.4	72.4
Total			100.0
Contenido de Humedad			16.6

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	36.79	(%)
Límite Plástico (LP)	22.30	(%)
Índice Plástico (IP)	14.48	(%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL	
Descripción del suelo		
Arcilla de baja plasticidad con arena		
Clasificación (AASHTO)	A-6 (9)	
Descripción		
MALO		




 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

Expediente : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Proyecto : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACION DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL, DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Setiembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad del
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata - C-02

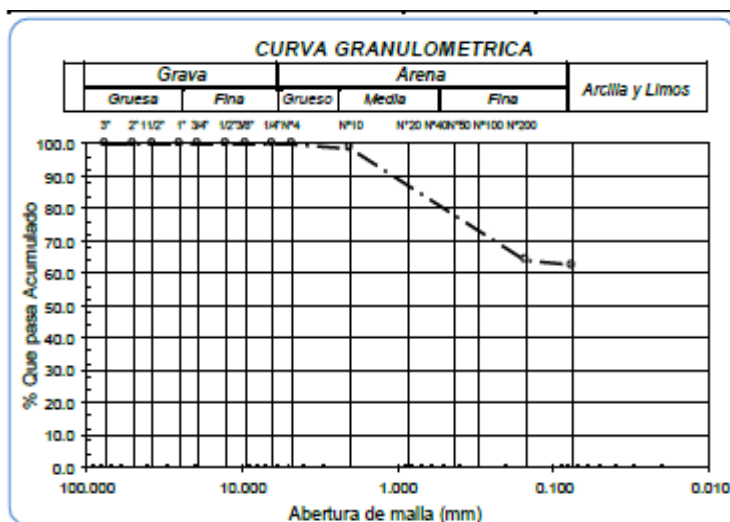
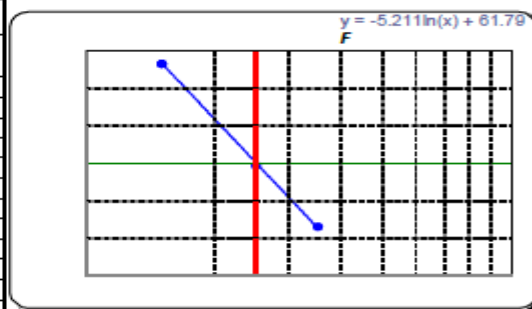
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m. - 2.90m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	1.3	98.7
N° 20	0.850	4.3	95.7
N° 50	0.300	21.8	78.2
N° 100	0.150	35.8	64.2
N° 200	0.075	37.6	62.4

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	
% Arena	A.G. %	1.3	37.6
	A.M. %	13.9	
	A.F. %	22.4	
% Arcilla y Limo		62.4	62.4
Total		100.0	100.0

Contenido de Humedad		Ensayo de Límite de Atterberg	
		Límite líquido (LL)	45.02 (%)
		Límite Plástico (LP)	22.70 (%)
		Índice Plástico (IP)	22.32 (%)
		Clasificación (S.U.C.S.)	CL
		Descripción del suelo	Arcilla arenosa de baja plasticidad
		Clasificación (AASHTO)	A-7-8 (11)
		Descripción	MALO



German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ujeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

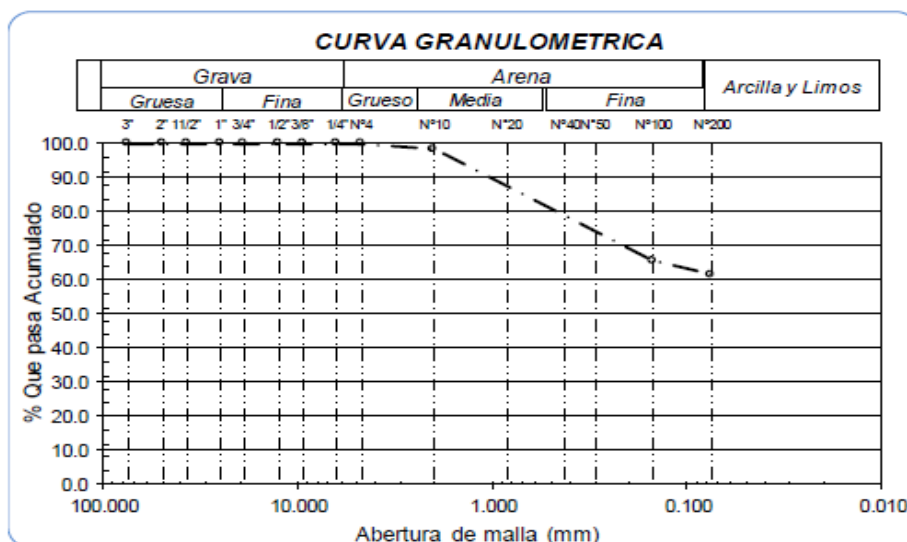
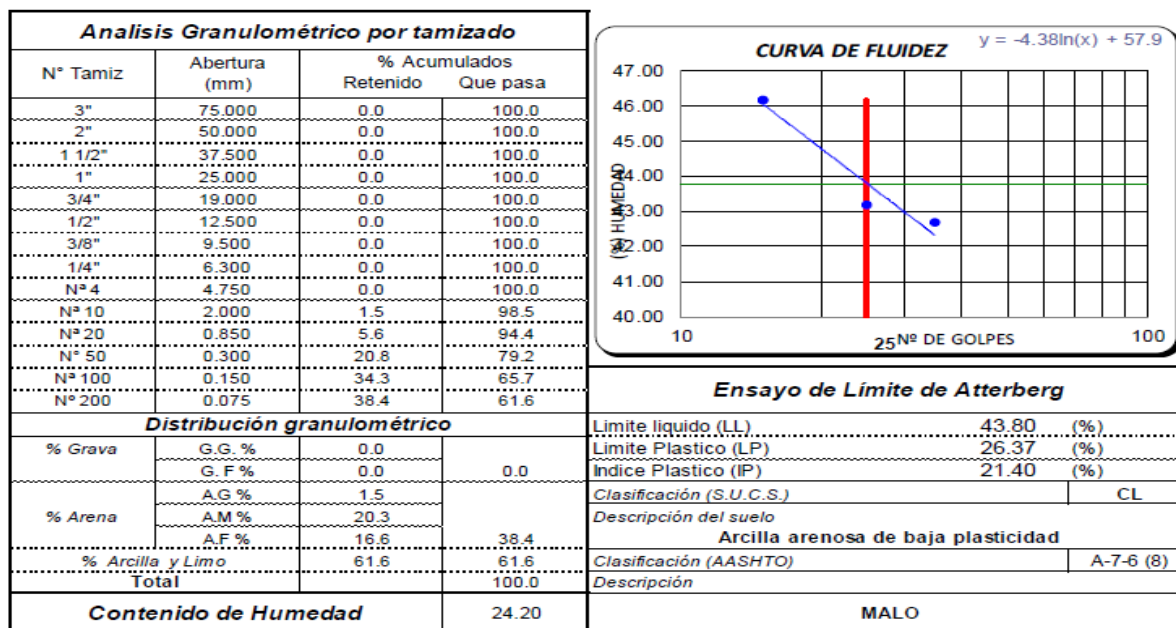
Expediente : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Proyecto : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACION DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Setiembre del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata - C-03

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m. - 2.90m.



German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N°2983

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATIS.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obras : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

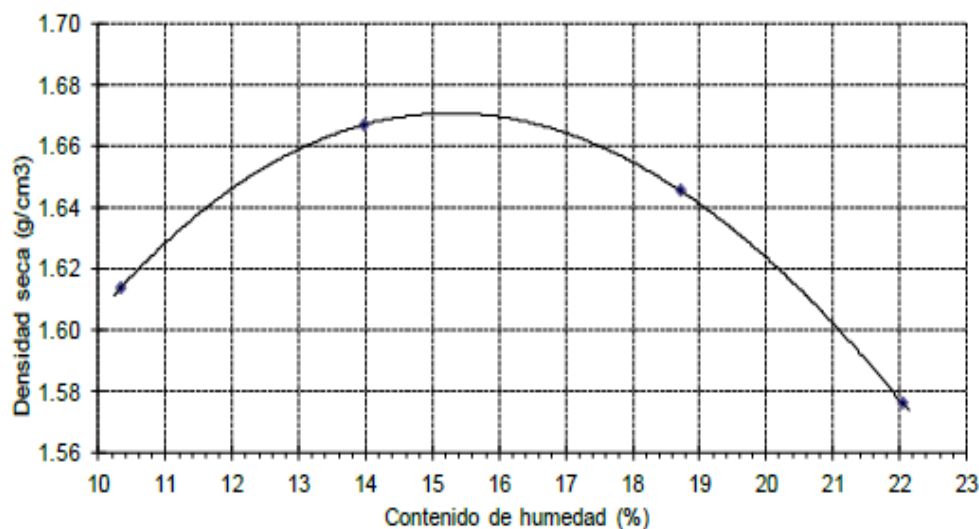
ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 REFERENCIA : N.T.P. 339.141 ASTM D- 1557

Calicata : C -01

Muestra : Terreno Compactado

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	5856	5968	6018	5990
2.- Peso del molde	(g)	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³)	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.780	1.900	1.953	1.923
5.- N° de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo húmedo	(g)	502	501.5	510.5	508.9
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g)	455	440	430	417
8.- Peso del agua	(g)	47	61.5	80.5	91.9
9.- Peso de la tara	(g)	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g)	455	440	430	417
11.- Contenido de humedad	(%)	10.33	13.98	18.72	22.04
12.- Densidad seca	(g/cm ³)	1.614	1.667	1.645	1.576

Máxima Densidad Seca	1.672	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	15.4	%



Método : "A"

OBSERVACIONES :

- Muestra identificada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Gastelo Chirinos




 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obras : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL: DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

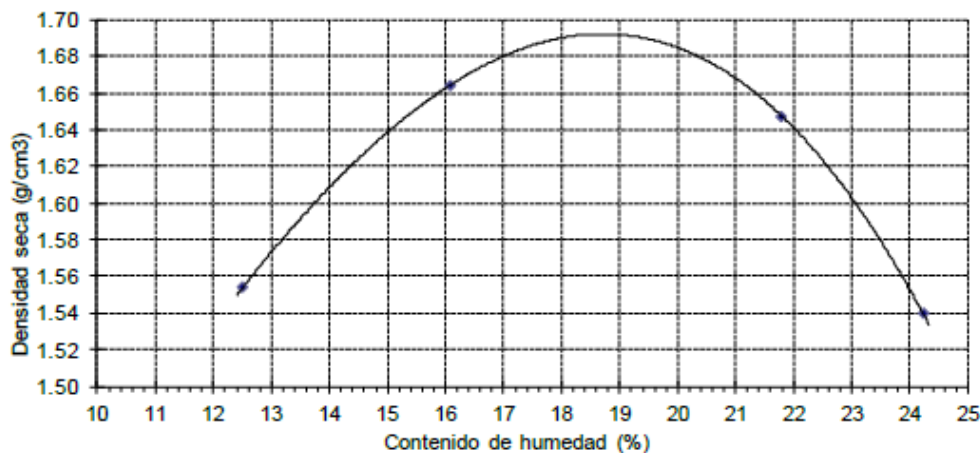
ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
 REFERENCIA : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Calicata : C -02

Muestra : Terreno Compactado

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	5826	5998	6068	5980
2.- Peso del molde	(g)	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³)	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad humeda	(g/cm ³)	1.748	1.932	2.007	1.913
5.- Nº de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo humedo	(g)	450	458.5	468.9	475.8
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g)	400	395	385	383
8.- Peso del agua	(g)	50	63.5	83.9	92.8
9.- Peso de la tara	(g)	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g)	400	395	385	383
11.- Contenido de humedad	(%)	12.50	16.08	21.79	24.23
12.- Densidad seca	(g/cm ³)	1.554	1.664	1.647	1.540

Máxima Densidad Seca	1.692	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	18.75	%



Método : "A"

OBERVACIONES :

- Muestra identificada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

German Gastelo Chirinos



Juan Carlos Firme Ojeda Azeite
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 3210

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1402 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : Gaby Catalina Pérez Alarcon
 Obras : ESTUDIO SOBRE LA CORRELACIÓN DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS SPT, DPL; DPL Y CONO DE ARENA EN SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A EDIFICACIONES EN LA URBANIZACION VILLA DEL NORTE, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2021
 Lugar : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Setiembre del 2021

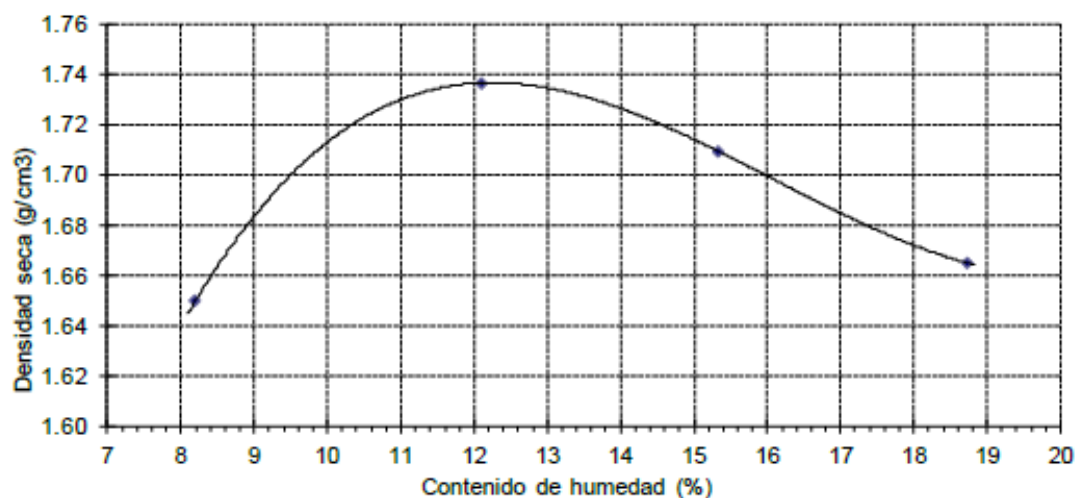
ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lbf/pie³))
 REFERENCIA : N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Calicata : C -03

Muestra : Terreno Natural

1.- Peso de la muestra compactada + molde	(g)	5860	6012	6035	6040
2.- Peso del molde	(g)	4188	4188	4188	4188
3.- Volumen del molde	(cm ³)	936.95	936.95	936.95	936.95
4.- Densidad humeda	(g/cm ³)	1.785	1.947	1.971	1.977
5.- N° de la tara		1	2	3	4
6.- Peso de la tara + suelo humedo	(g)	445.1	466.6	494	507.1
7.- Peso de la tara + suelo seco	(g)	411.4	416.2	428.3	427.1
8.- Peso del agua	(g)	33.7	50.4	65.7	80
9.- Peso de la tara	(g)	0	0	0	0
10.- Peso de suelo seco	(g)	411.4	416.2	428.3	427.1
11.- Contenido de humedad	(%)	8.19	12.11	15.34	18.73
12.- Densidad seca	(g/cm ³)	1.649	1.736	1.709	1.665

Máxima Densidad Seca	1.736	g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	12.50	%



Método : "A"

OBERVACIONES :

- Muestra identificada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.


 German Gastelo Chirinos

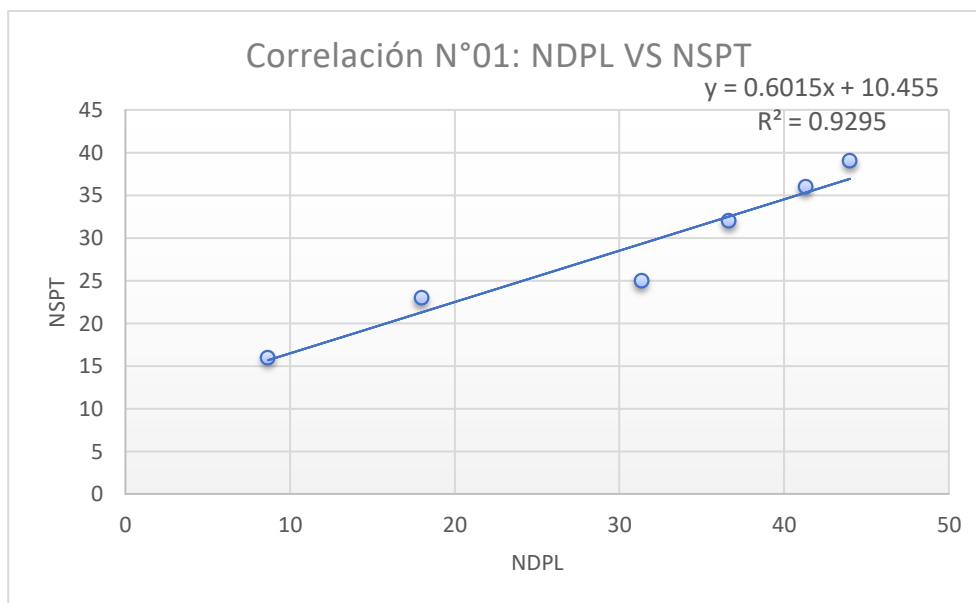



 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Anexo : Análisis de correlaciones

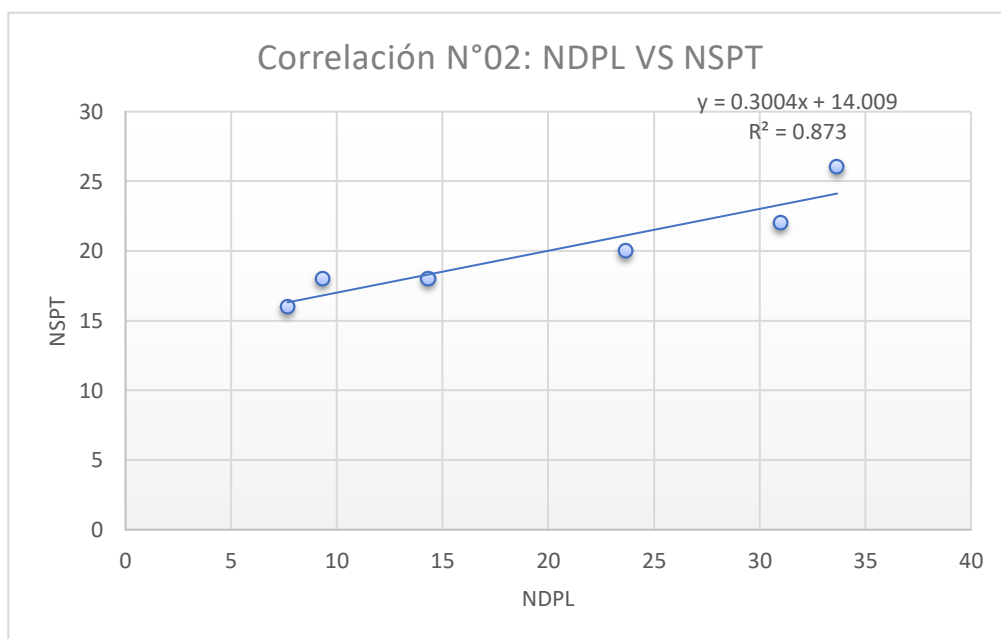
❖ CORRELACIÓN N.º 01 NDPL VS NSPT

PUNTO N°01	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	23	22	23	23	0
0.45m-0.90m	8	9	9	9	16
0.90m-1.35m	15	18	21	18	23
1.35m-1.80m	29	31	34	31	25
1.80m-2.25m	36	37	37	37	32
2.25m-2.70m	40	44	40	41	36
2.70m-3.15m	43	44	45	44	39



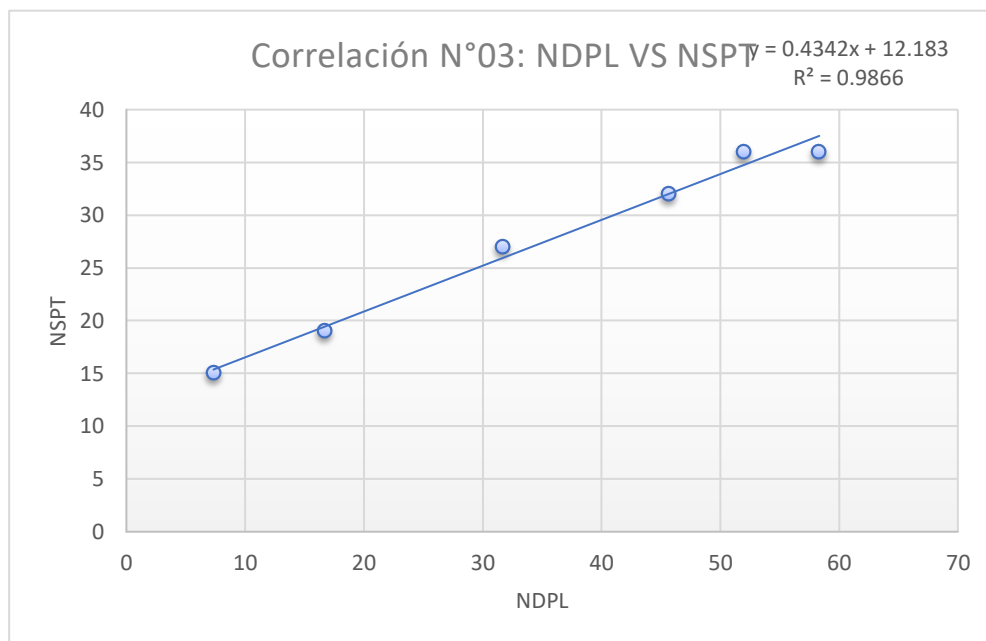
❖ CORRELACIÓN N.º 02 NDPL VS NSPT

PUNTO N°02	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	14	18	16	16	0
0.45m-0.90m	6	8	9	8	16
0.90m-1.35m	9	10	9	9	18
1.35m-1.80m	16	14	13	14	18
1.80m-2.25m	23	24	24	24	20
2.25m-2.70m	30	32	31	31	22
2.70m-3.15m	34	35	32	34	26



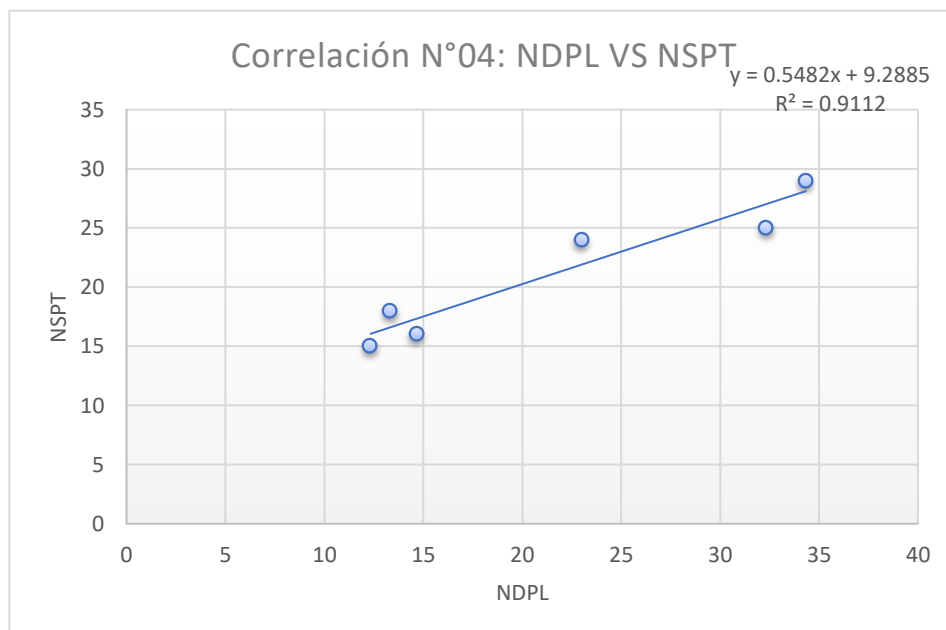
❖ CORRELACIÓN N.º 03 NDPL VS NSPT

PUNTO N°03	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	17	14	17	16	0
0.45m-0.90m	6	7	9	7	15
0.90m-1.35m	17	16	17	17	19
1.35m-1.80m	33	30	32	32	27
1.80m-2.25m	47	45	45	46	32
2.25m-2.70m	60	60	55	58	36
2.70m-3.15m	55	52	49	52	36



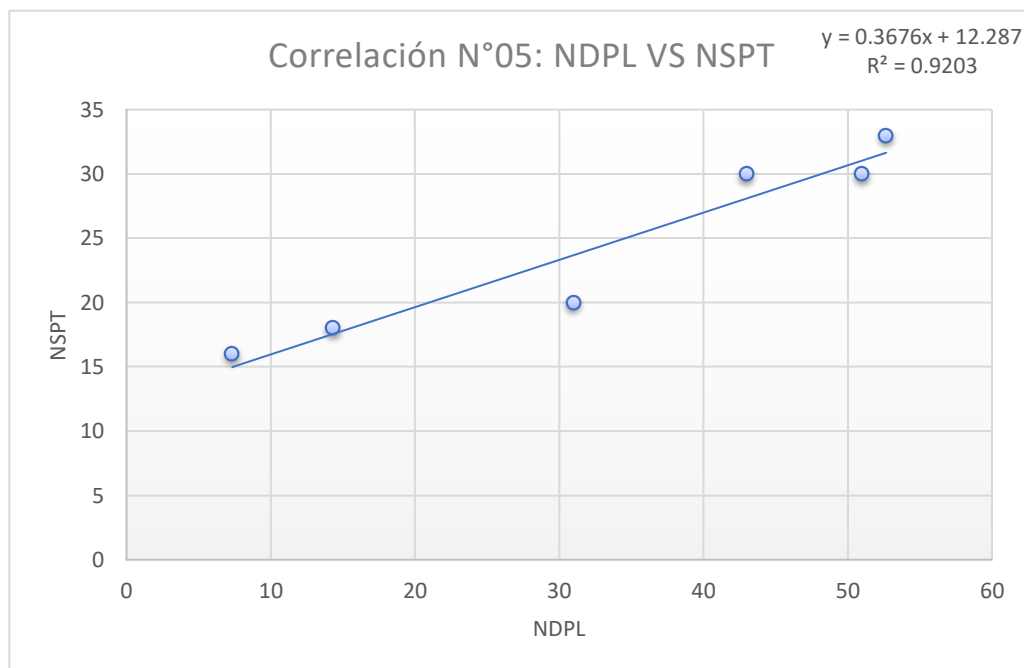
❖ CORRELACIÓN N.º 04 NDPL VS NSPT

PUNTO N°04	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	10	10	11	10	0
0.45m-0.90m	12	11	14	12	15
0.90m-1.35m	14	15	15	15	16
1.35m-1.80m	12	15	13	13	18
1.80m-2.25m	24	24	21	23	24
2.25m-2.70m	34	31	32	32	25
2.70m-3.15m	32	35	36	34	29



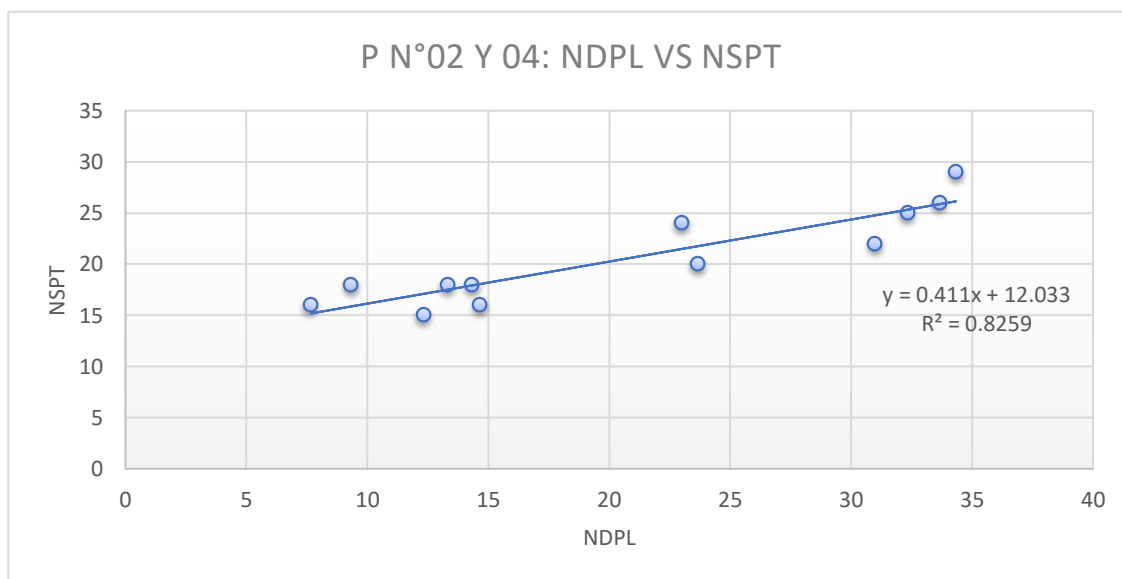
❖ CORRELACIÓN N.º 05 NDPL VS NSPT

PUNTO N°05	NUMERO DE GOLPES				
	NDPL1	NDPL2	NDPL3	NDPL	NSPT
0.00m-0.45m	11	9	10	10	0
0.45m-0.90m	6	7	9	7	16
0.90m-1.35m	14	14	15	14	18
1.35m-1.80m	31	30	32	31	20
1.80m-2.25m	41	44	44	43	30
2.25m-2.70m	51	48	54	51	30
2.70m-3.15m	53	51	54	53	33



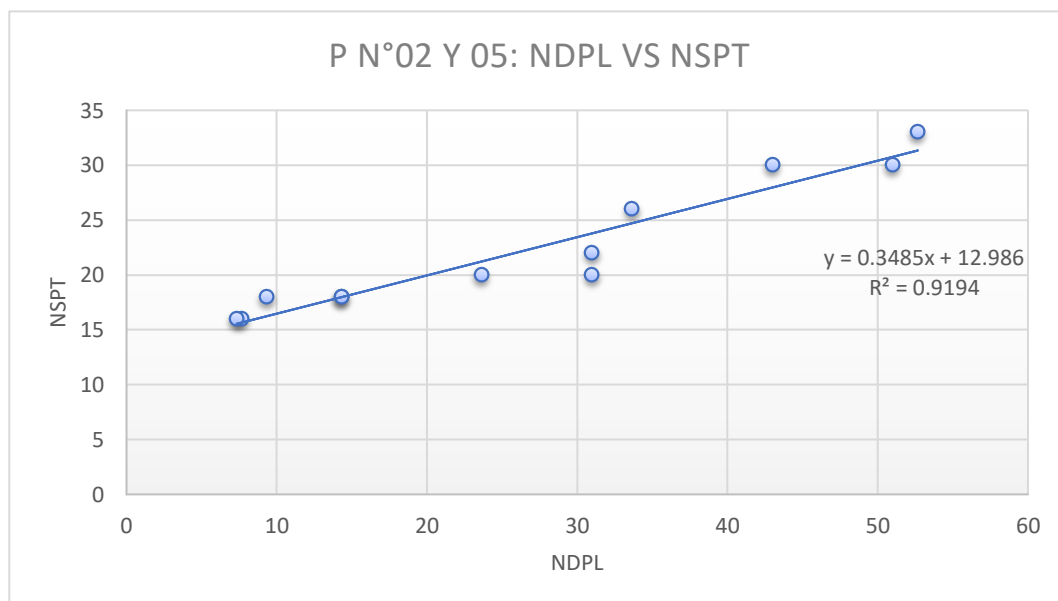
❖ Punto N.º 02 Y 04: Número de golpes de penetrómetro dinámico ligero (DPL) VS Numero de golpes ensayo de penetración estándar (SPT)

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.411X+12.033	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C1	P2	8	16	15.18	0.82	0.67	39.51	1.81
		9	18	15.87	2.13	4.54		
		14	18	17.92	0.08	0.01		
		24	20	21.76	-1.76	3.10		
		31	22	24.77	-2.77	7.70		
		34	26	25.87	0.13	0.02		
	P4	12	15	17.10	-2.10	4.42		
		15	16	18.06	-2.06	4.25		
		13	18	17.51	0.49	0.24		
		23	24	21.49	2.51	6.32		
		32	25	25.32	-0.32	0.10		
		34	29	26.14	2.86	8.16		



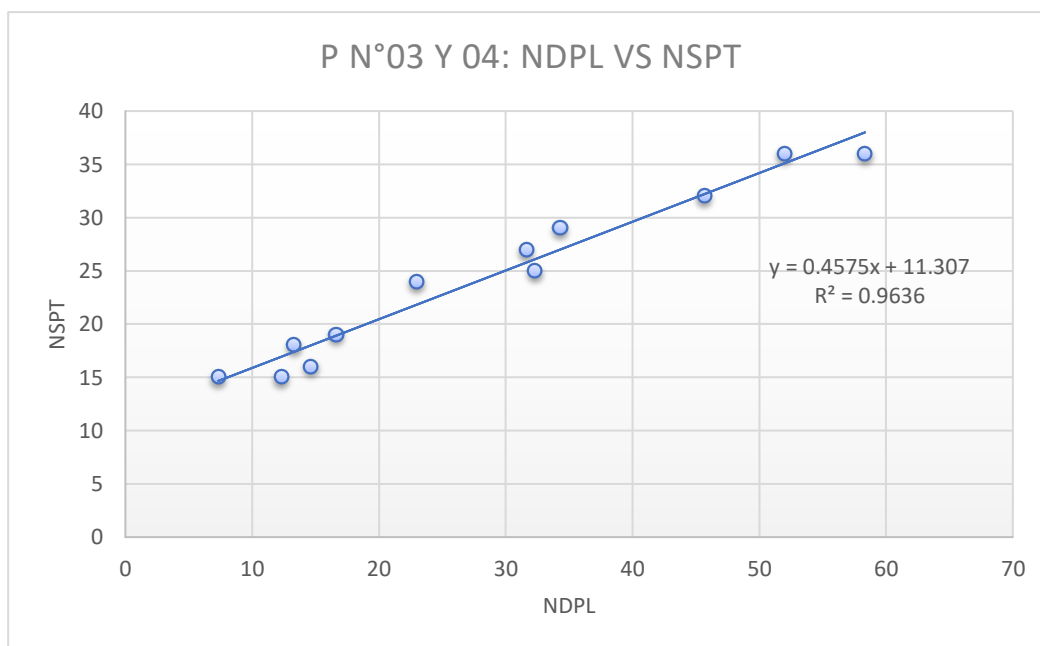
❖ P N.º 02Y 05: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	$Y=0.3485X+12.986$	r(residuo)	r ²	SUMATORIA	DESVIACION
C2	P2	8	16	15.66	0.34	0.12	31.60	1.62
		9	18	16.24	1.76	3.10		
		14	18	17.98	0.02	0.00		
		24	20	21.23	-1.23	1.52		
		31	22	23.79	-1.79	3.20		
		34	26	24.72	1.28	1.64		
	P5	7	16	15.54	0.46	0.21		
		14	18	17.98	0.02	0.00		
		31	20	23.79	-3.79	14.36		
		43	30	27.97	2.03	4.11		
		51	30	30.76	-0.76	0.58		
		53	33	31.34	1.66	2.75		



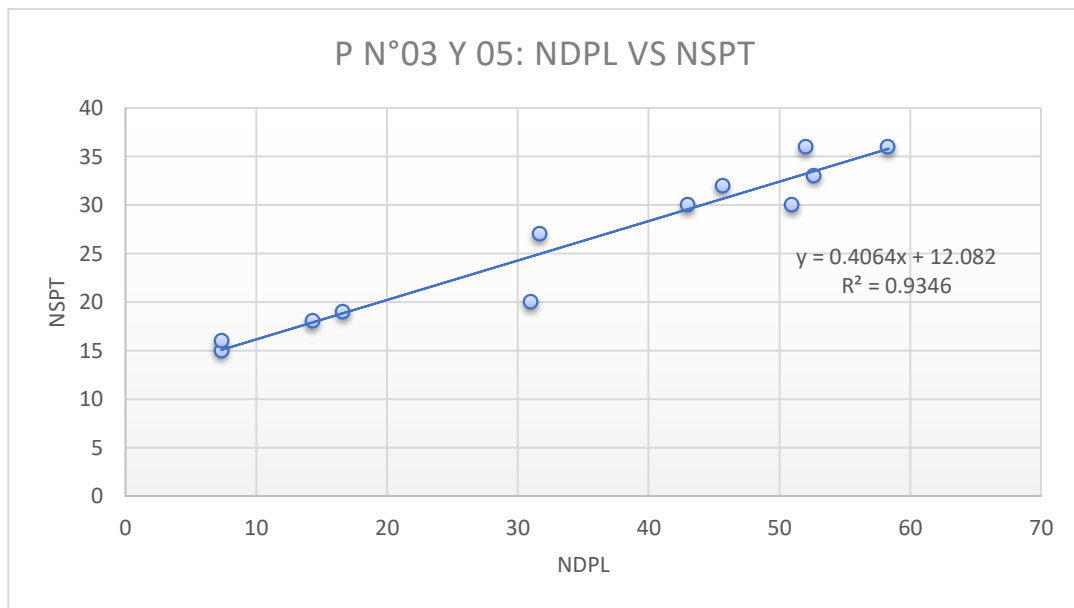
❖ P N.º 03 Y 04: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4575X+11.307	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C3	P3	7	15	14.66	0.34	0.11	24.49	1.43
		17	19	18.93	0.07	0.00		
		32	27	25.79	1.21	1.45		
		46	32	32.20	-0.20	0.04		
		58	36	37.99	-1.99	3.98		
		52	36	35.10	0.90	0.82		
	P4	12	15	16.95	-1.95	3.80		
		15	16	18.02	-2.02	4.07		
		13	18	17.41	0.59	0.35		
		23	24	21.83	2.17	4.71		
		32	25	26.10	-1.10	1.21		
		34	29	27.01	1.99	3.94		



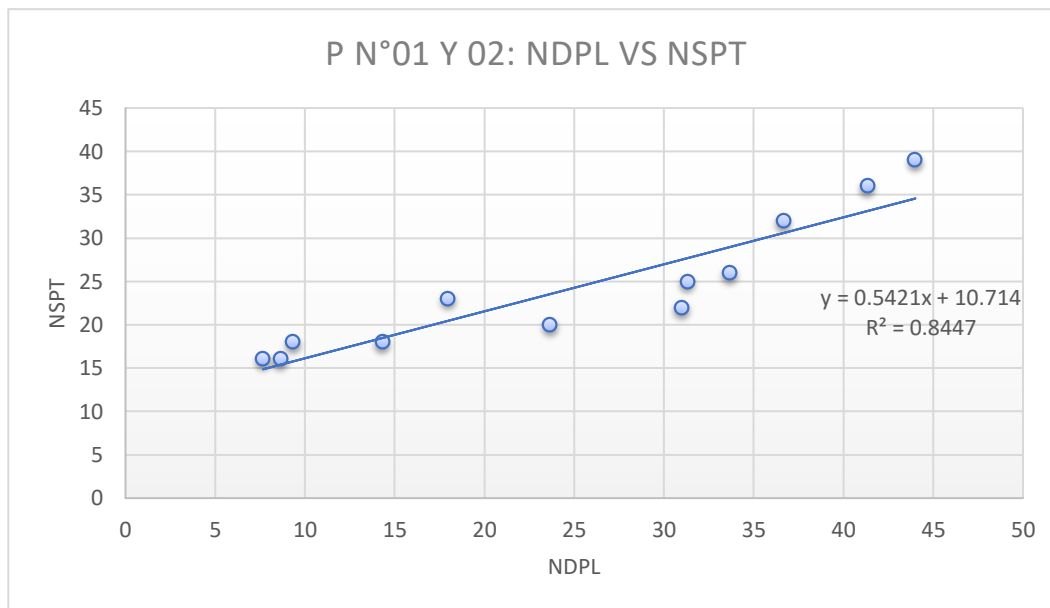
❖ P N.º 03Y 05: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4064X+12.082	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C4	P3	7	15	15.06	-0.06	0.00	44.98	1.94
		17	19	18.86	0.14	0.02		
		32	27	24.95	2.05	4.20		
		46	32	30.64	1.36	1.85		
		58	36	35.79	0.21	0.04		
		52	36	33.21	2.79	7.76		
	P5	7	16	15.06	0.94	0.88		
		14	18	17.91	0.09	0.01		
		31	20	24.68	-4.68	21.91		
		43	30	29.56	0.44	0.20		
		51	30	32.81	-2.81	7.89		
53		33	33.49	-0.49	0.24			



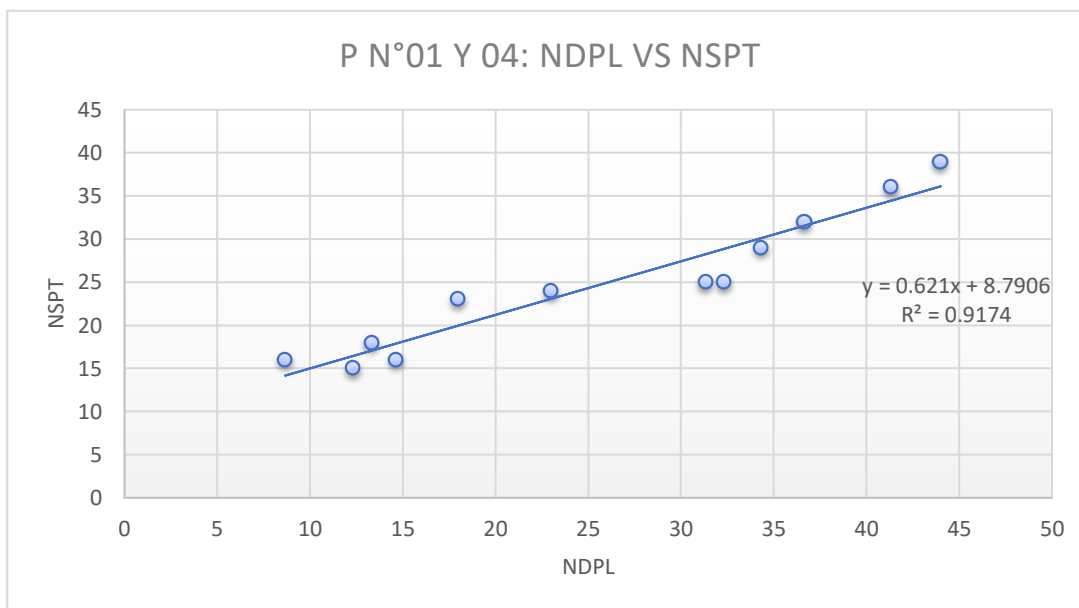
❖ P N.º 01 Y 02: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.5421X+10.714	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C5	P1	9	16	15.41	0.59	0.35	102.23	2.92
		18	23	20.47	2.53	6.39		
		31	25	27.70	-2.70	7.29		
		37	32	30.59	1.41	1.99		
		41	36	33.12	2.88	8.29		
		44	39	34.57	4.43	19.66		
	P2	8	16	14.87	1.13	1.28		
		9	18	15.77	2.23	4.96		
		14	18	18.48	-0.48	0.23		
		24	20	23.54	-3.54	12.56		
		31	22	27.52	-5.52	30.46		
		34	26	28.96	-2.96	8.79		



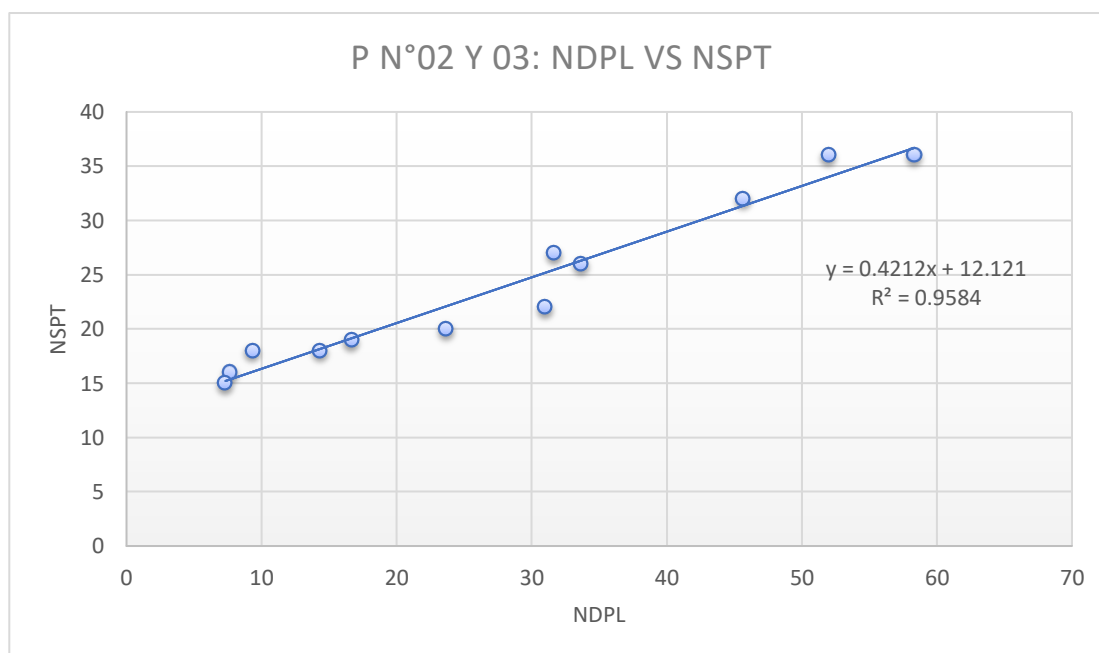
❖ P N.º 01 Y 04: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.621X+8.7906	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C6	P1	9	16	14.17	1.83	3.34	57.61	2.19
		18	23	19.97	3.03	9.19		
		31	25	28.25	-3.25	10.55		
		37	32	31.56	0.44	0.19		
		41	36	34.46	1.54	2.38		
		44	39	36.11	2.89	8.33		
	P4	12	15	16.45	-1.45	2.10		
		15	16	17.90	-1.90	3.60		
		13	18	17.07	0.93	0.86		
		23	24	23.07	0.93	0.86		
		32	25	28.87	-3.87	14.97		
		34	29	30.11	-1.11	1.24		



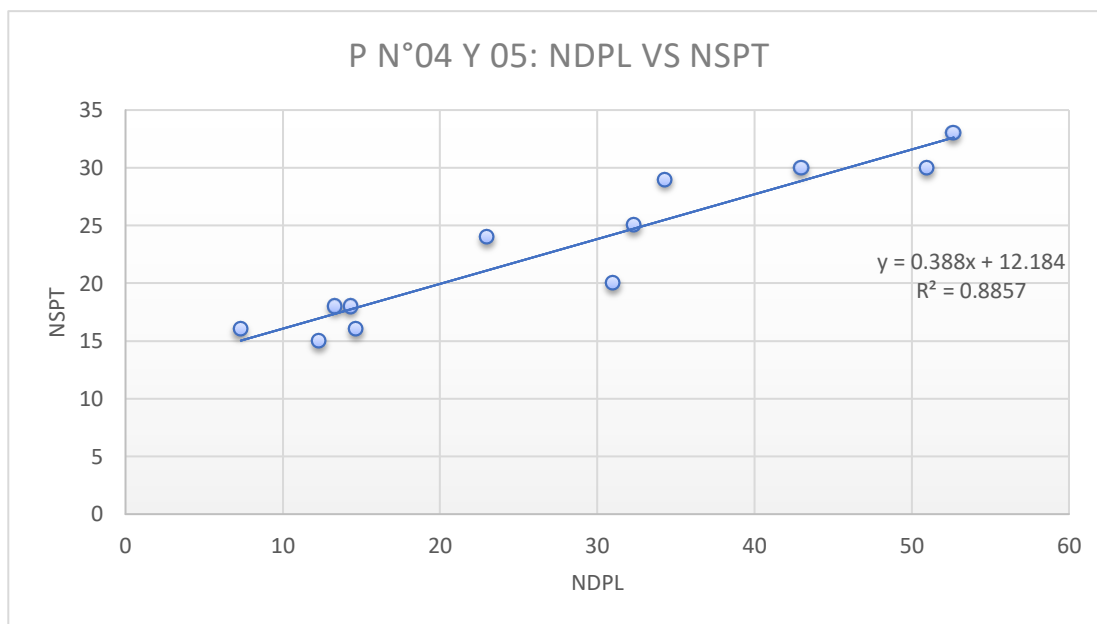
❖ P N.º 02 Y 03: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4212X+12.121	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C7	P2	8	16	15.35	0.65	0.42	26.04	1.47
		9	18	16.05	1.95	3.79		
		14	18	18.16	-0.16	0.03		
		24	20	22.09	-2.09	4.37		
		31	22	25.18	-3.18	10.10		
		34	26	26.30	-0.30	0.09		
	P3	7	15	15.21	-0.21	0.04		
		17	19	19.14	-0.14	0.02		
		32	27	25.46	1.54	2.37		
		46	32	31.36	0.64	0.41		
		58	36	36.69	-0.69	0.48		
		52	36	34.02	1.98	3.91		



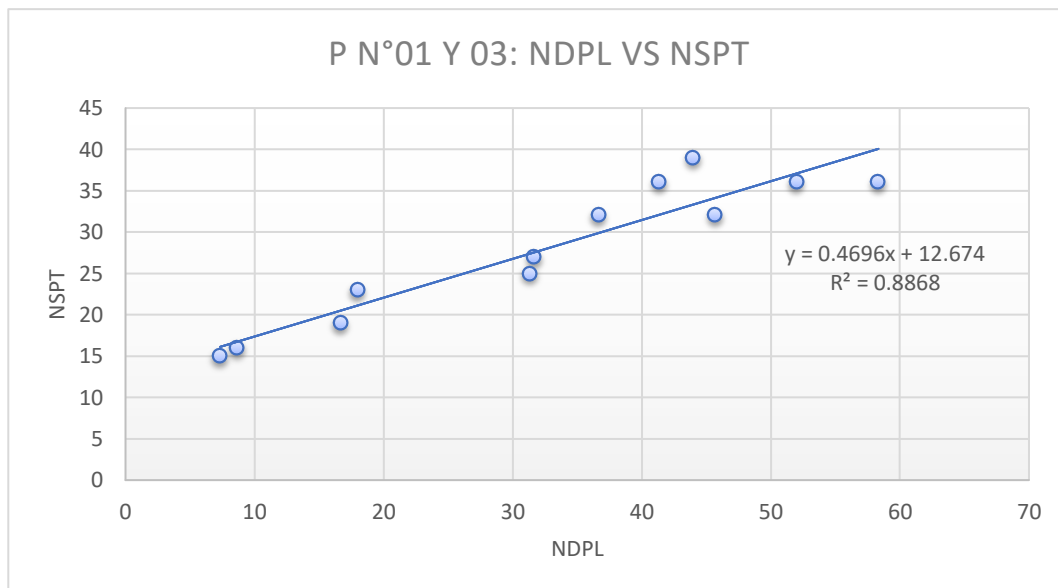
❖ P N° 04 Y 05: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.388X+12.184	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C8	P4	12	15	16.97	-1.97	3.88	52.52	2.09
		15	16	17.87	-1.87	3.51		
		13	18	17.36	0.64	0.41		
		23	24	21.11	2.89	8.36		
		32	25	24.73	0.27	0.07		
		34	29	25.51	3.49	12.21		
	P5	7	16	15.03	0.97	0.94		
		14	18	17.75	0.25	0.06		
		31	20	24.21	-4.21	17.74		
		43	30	28.87	1.13	1.28		
		51	30	31.97	-1.97	3.89		
53		33	32.62	0.38	0.15			



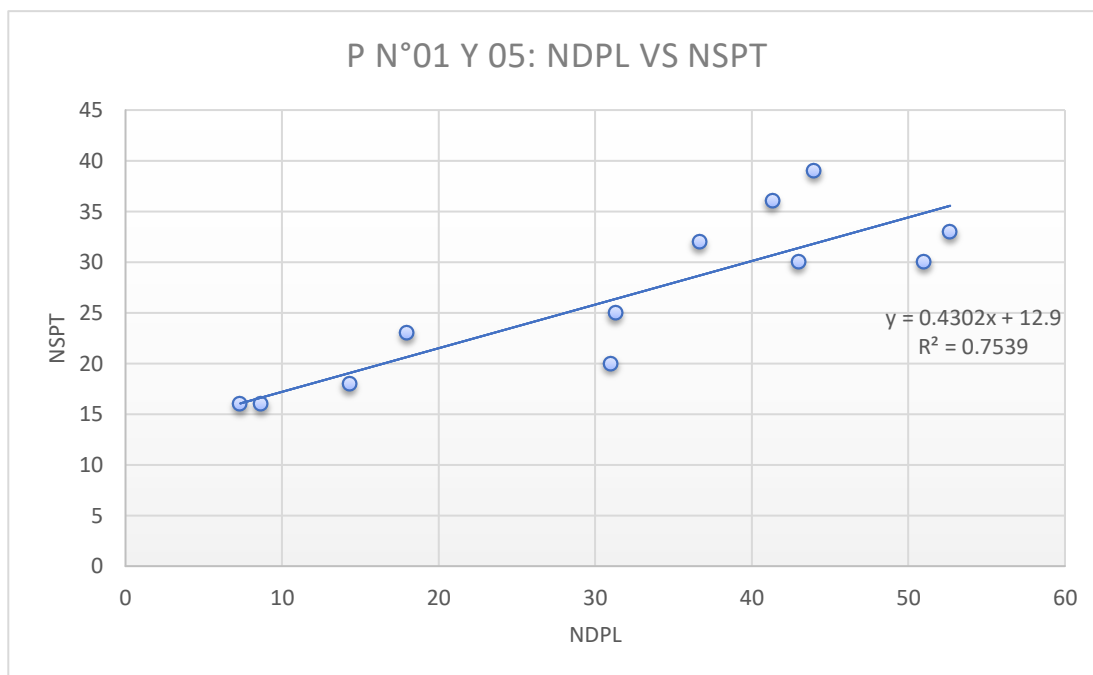
❖ P N° 01 Y 03: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4696X+12.674	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C9	P1	9	16	16.74	-0.74	0.55	87.64	2.70
		18	23	21.13	1.87	3.51		
		31	25	27.39	-2.39	5.70		
		37	32	29.89	2.11	4.44		
		41	36	32.08	3.92	15.33		
		44	39	33.34	5.66	32.08		
	P3	7	15	16.12	-1.12	1.25		
		17	19	20.50	-1.50	2.25		
		32	27	27.54	-0.54	0.30		
		46	32	34.12	-2.12	4.49		
		58	36	40.07	-4.07	16.54		
		52	36	37.09	-1.09	1.20		



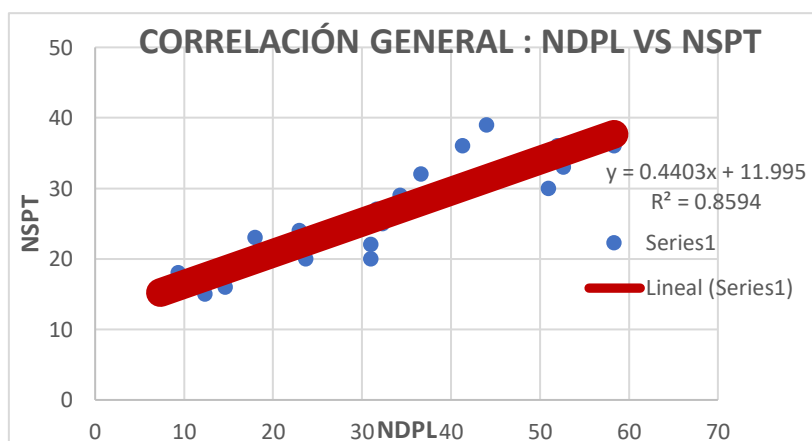
❖ P N° 01Y 05: NDPL VS NSPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4302X+12.90	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C10	P1	9	16	16.63	-0.63	0.39	170.58	3.77
		18	23	20.64	2.36	5.55		
		31	25	26.38	-1.38	1.90		
		37	32	28.67	3.33	11.06		
		41	36	30.68	5.32	28.29		
		44	39	31.83	7.17	51.43		
	P5	7	16	16.05	-0.05	0.00		
		14	18	19.07	-1.07	1.14		
		31	20	26.24	-6.24	38.89		
		43	30	31.40	-1.40	1.96		
		51	30	34.84	-4.84	23.43		
53		33	35.56	-2.56	6.54			



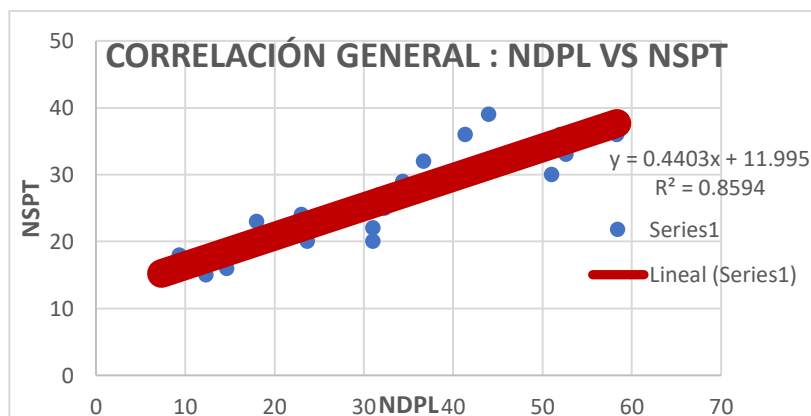
❖ CORRELACION GENERAL: NDPL Y SPT

		NDPL(X)	NSPT(Y)	Y=0.4403X+11.995	r(residuo)	r^2	SUMATORIA	DESVIACION
C FINAL	P1	9	16	15.81	0.19	0.04	224.74	2.74
		18	23	19.92	3.08	9.48		
		31	25	25.79	-0.79	0.63		
		37	32	28.14	3.86	14.90		
		41	36	30.19	5.81	33.71		
		44	39	31.37	7.63	58.24		
	P2	8	16	15.37	0.63	0.40		
		9	18	16.10	1.90	3.59		
		14	18	18.31	-0.31	0.09		
		24	20	22.42	-2.42	5.83		
		31	22	25.64	-3.64	13.28		
		34	26	26.82	-0.82	0.67		
	P3	7	15	15.22	-0.22	0.05		
		17	19	19.33	-0.33	0.11		
		32	27	25.94	1.06	1.13		
		46	32	32.10	-0.10	0.01		
		58	36	37.68	-1.68	2.82		
		52	36	34.89	1.11	1.23		
	P4	12	15	17.43	-2.43	5.88		
		15	16	18.45	-2.45	6.02		
		13	18	17.87	0.13	0.02		
		23	24	22.12	1.88	3.53		
		32	25	26.23	-1.23	1.52		
		34	29	27.11	1.89	3.56		
	P5	7	16	15.22	0.78	0.60		
		14	18	18.31	-0.31	0.09		
31		20	25.64	-5.64	31.86			
43		30	30.93	-0.93	0.86			
51		30	34.45	-4.45	19.81			
53		33	35.18	-2.18	4.77			



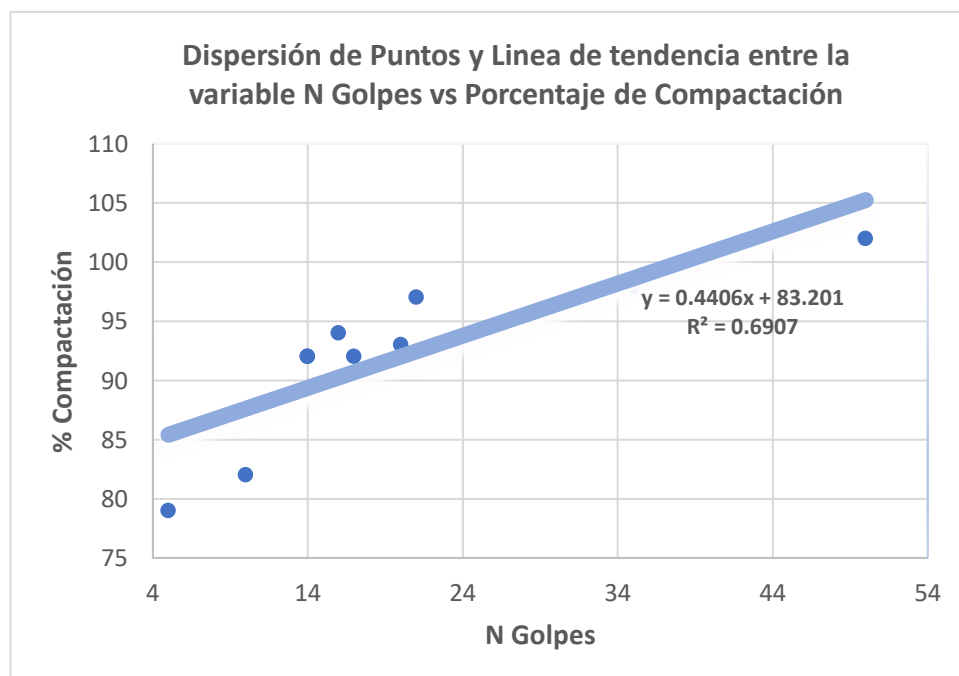
❖ CORRELACION GENERAL: NDPL VS NSPT

	NDPL(X)	NSPT(Y)
P1	9	16
	18	23
	31	25
	37	32
	41	36
	44	39
P2	8	16
	9	18
	14	18
	24	20
	31	22
	34	26
P3	7	15
	17	19
	32	27
	46	32
	58	36
	52	36
P4	12	15
	15	16
	13	18
	23	24
	32	25
	34	29
P5	7	16
	14	18
	31	20
	43	30
	51	30
	53	33



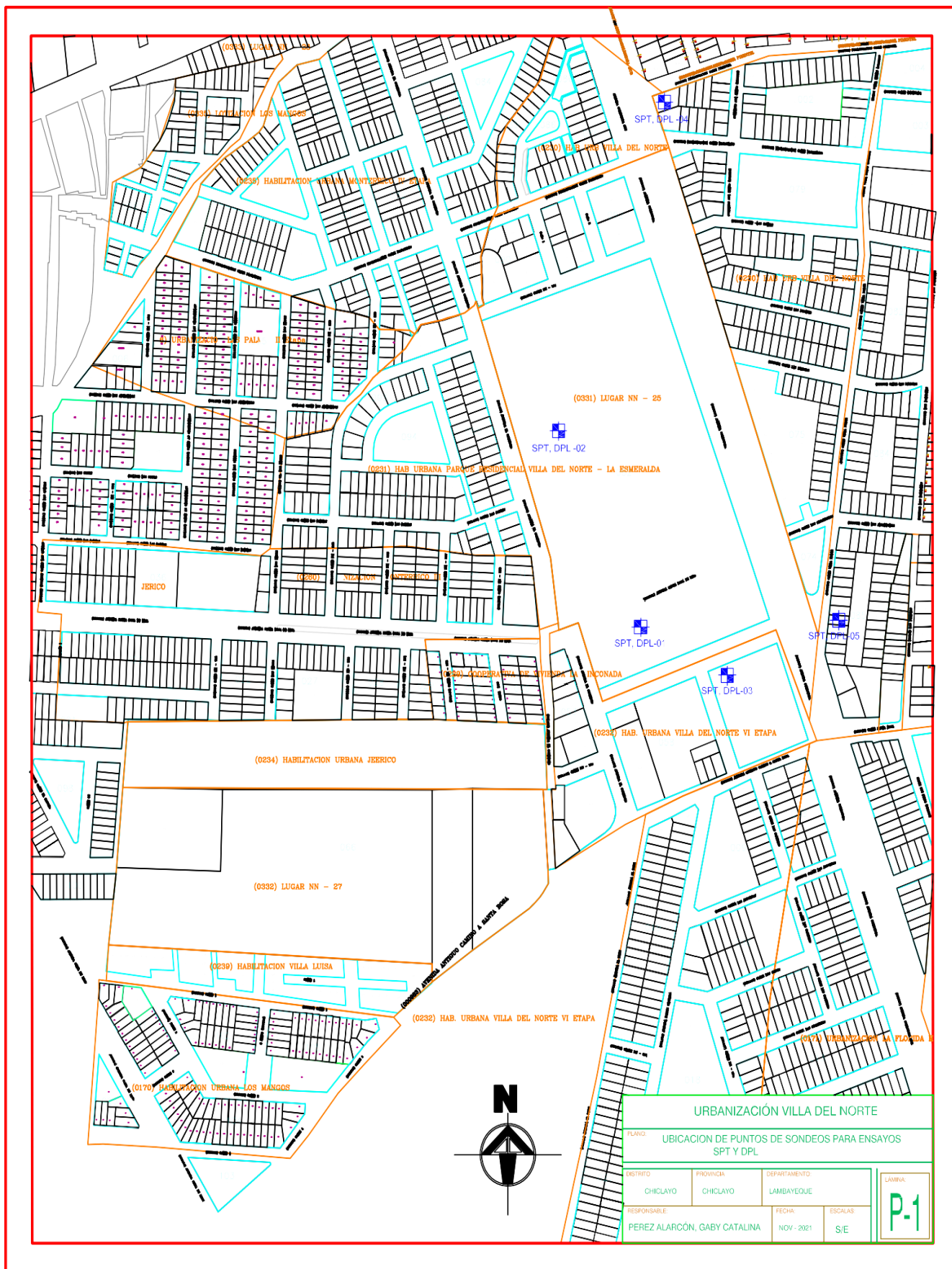
❖ **DISPERSION DE PUNTOS Y LINEA DE TENDENCIA ENTRE LA VARIABLE N GOLPES VS POR PORCENTAJE DE COMPACTACION**

MUESTRA	PROFUNDIDAD(m)	NDPL	%COMPACTACION
D1	0.2	14	92
D2	0.2	50	102
D3	0.2	5	79
D4	0.2	10	82
D5	0.2	16	94
D6	0.2	20	93
D7	0.2	14	92
D8	0.2	21	97
D9	0.2	35	98
D10	0.2	17	92



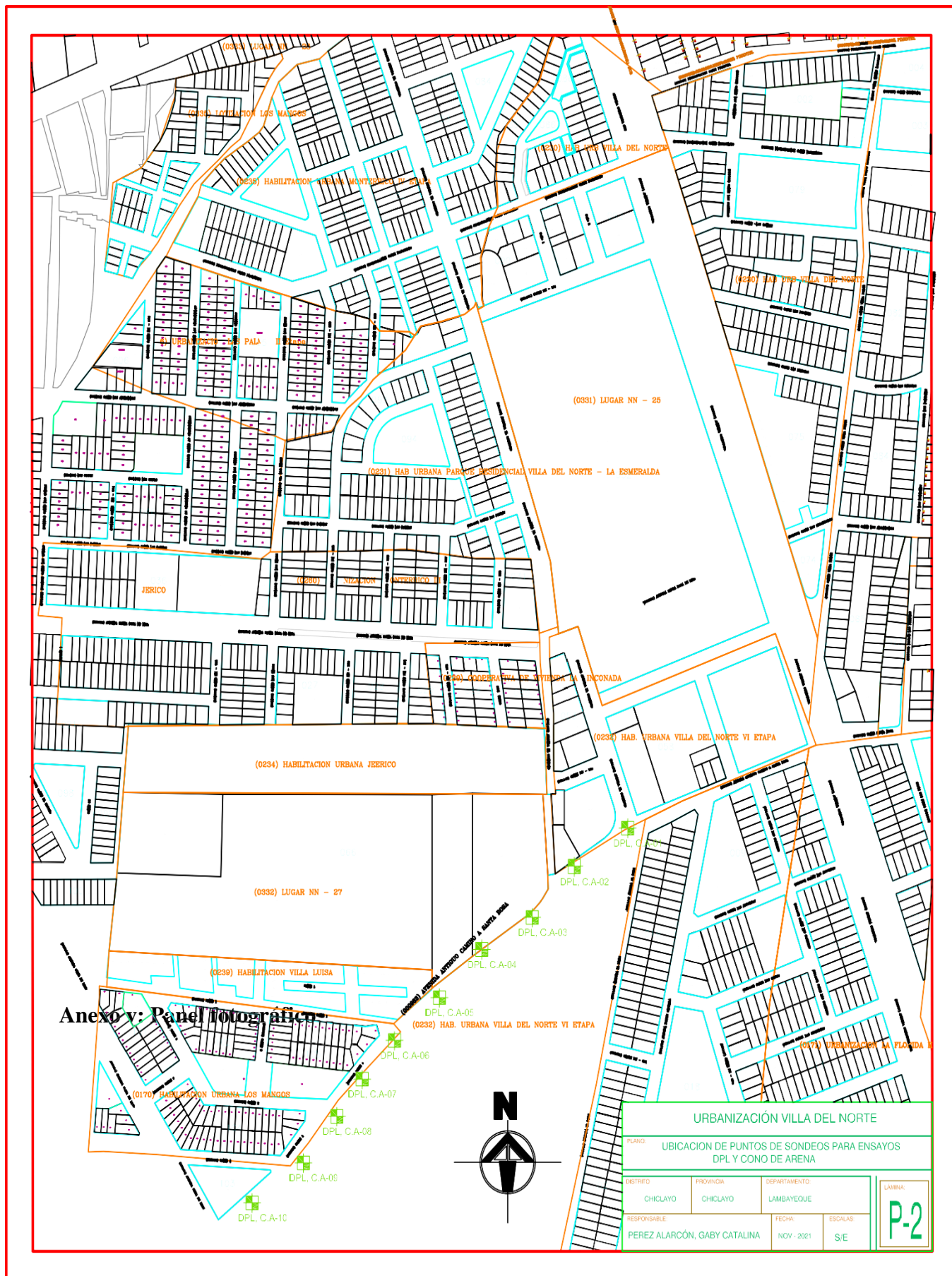
Anexo : Planos de ensayos

Plano de ensayos de SPT y DPL.



URBANIZACIÓN VILLA DEL NORTE			
PLANO: UBICACION DE PUNTOS DE SONDEOS PARA ENSAYOS SPT Y DPL			
DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	LÁMINA
CHICLAYO	CHICLAYO	LAMBAYEQUE	P-1
RESPONSABLE	FECHA	ESCALAS	
PEREZ ALARCÓN, GABY CATALINA	NOV - 2021	S/E	

Plano de ensayos de DPL y cono de arena

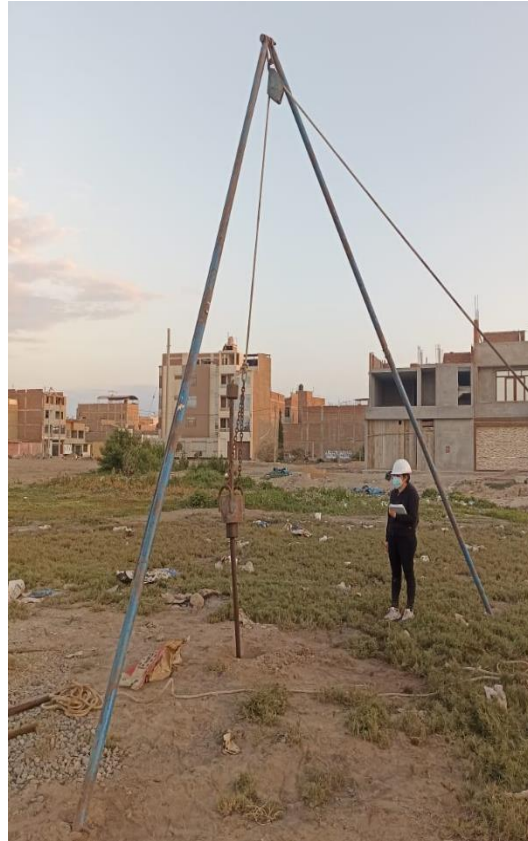


Ensayos de SPT
PUNTO 01 (Ensayo de Penetración Estándar)



PUNTO 02: (Ensayo de Penetración Estándar)



PUNTO 03: (Ensayo de Penetración Estándar)

PUNTO 04: (Ensayo de Penetración Estándar)

PUNTO 05: (Ensayo de Penetración Estándar)



PUNTO 01: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=3.0m)



PUNTO 02:(Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=3.0m)

PUNTO 03: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=3.0m)



PUNTO 04: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=3.0m)

PUNTO 05: Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=3.0m)



ENSAYO DPL(H=0.5m)**PUNTO 01: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5)****PUNTO 02: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)**

+

PUNTO 03: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



PUNTO 04: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



PUNTO 05: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



PUNTO 06: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



PUNTO 07: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



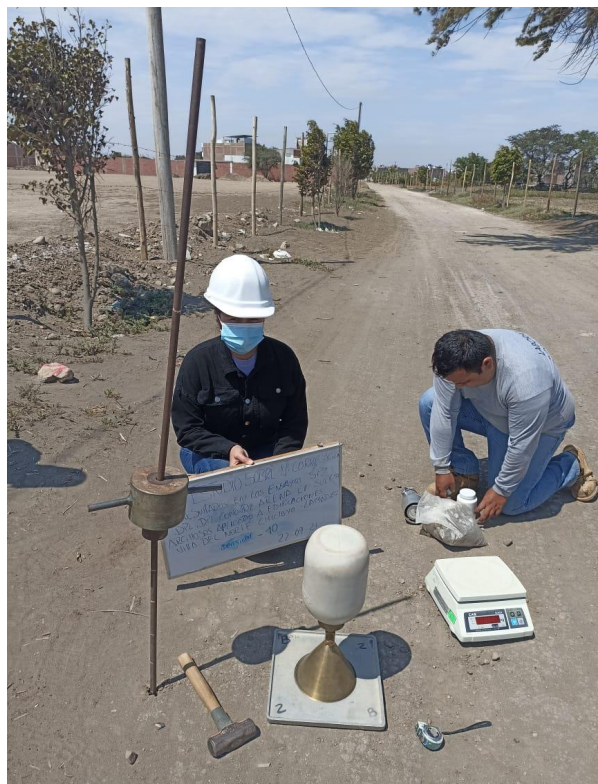
PUNTO 08: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)

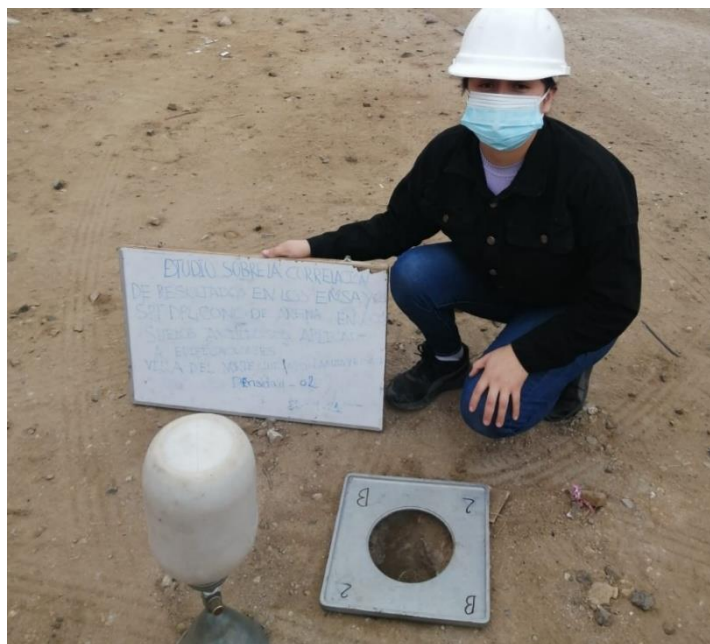


PUNTO 09: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



PUNTO 10: (Ensayo de Penetrómetro Dinámico ligero DPL) (H=0.5m)



ENSAYO Cono de Arena(H=0.2m)**PUNTO 01: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)****PUNTO 02: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)**

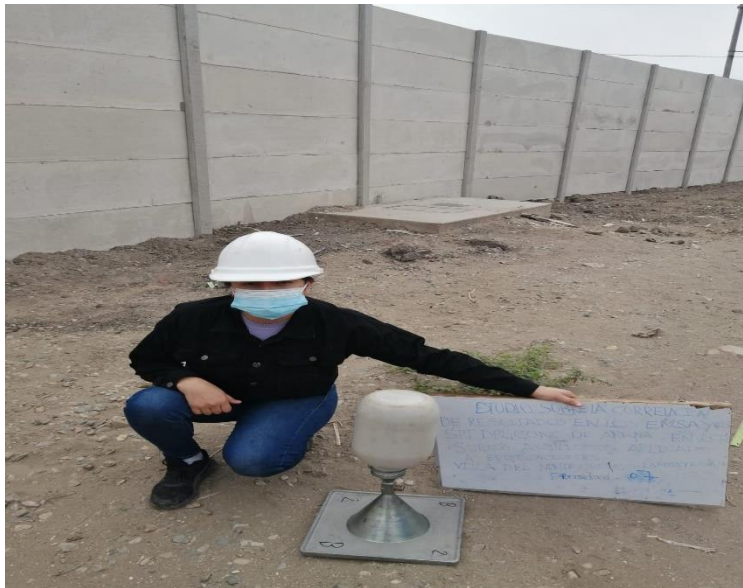
PUNTO 03: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



PUNTO 04: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



PUNTO 07: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



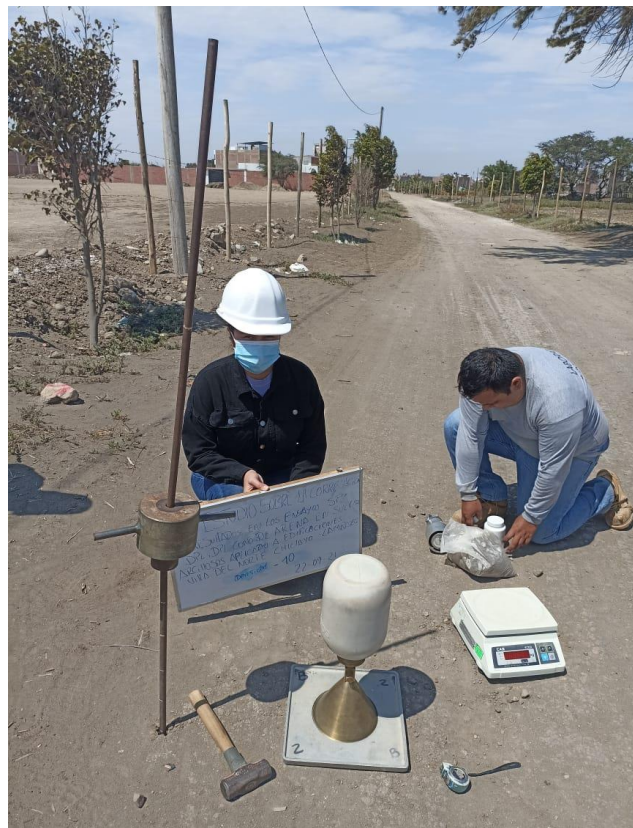
PUNTO 08: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



PUNTO 09: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



PUNTO 10: (Ensayo del Porcentaje de Compactación por cono de Arena)



Calicatas en Estado Compactado

CALICATA 01: (en zona compactada a 1m)



CALICATA 02: (en zona compactada a 1m)



Calicatas en Estado Natural

CALICATA 01: (en terreno Natural a 3m)

