

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Correlación entre los ensayos de penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú

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

**AUTORA**

Yomira Estefani Acosta Ventura

**ASESOR**

Manuel Ismael Laurencio Luna

Lima, Perú

2024

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	Yomira Estefani
Apellidos	Acosta Ventura
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	77076620
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	Manuel Ismael
Apellidos	Laurencio Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5992-0202">https://orcid.org/0000-0002-5992-0202</a>

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	Félix Gernan
Apellidos	Delgado Ramírez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

#### Datos del segundo miembro

Nombres	Víctor
Apellidos	Garcés Díaz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

#### Datos del tercer miembro

Nombres	Maiquel
Apellidos	Lopez Silva
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49087489

**Datos de la obra**

Materia*	Mínimos cuadrados, propiedades físicas, suelos saturados
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 068-2024-UCSS-FI/TPICIV**

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL  
SEDE LIMA**

**Los Olivos, 18 de julio del 2024**

Siendo las 12:01 horas del 18 de julio del 2024, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Correlación entre los ensayos de penetración estándar y auscultación con  
penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la  
compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín,  
Lima Perú**

Por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**ACOSTA VENTURA, YOMIRA ESTEFANI**

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMÍREZ, Félix German	Presidente
Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor	Secretario
Dr. LOPEZ SILVA, Maiquel	Miembro

Siendo las 13:10 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

**APROBADO BUENO**

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller ACOSTA VENTURA, YOMIRA ESTEFANI el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,

.....  
**Dr. LOPEZ SILVA, Maiquel**  
Miembro

.....  
**Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor**  
Secretario

.....  
**Dr. DELGADO RAMÍREZ, Félix German**  
Presidente



**Anexo 2**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Lima, 29 de agosto de 2024

Señora,

Dayma Carmenates Hernández

Jefe del Departamento de Investigación/Coordinador Académico de Unidad de Posgrado

Facultad Ingeniería UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: Correlación entre los ensayos de penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú, presentado por ACOSTA VENTURA, YOMIRA ESTEFANI (Código 2012200273 y DNI 77076620) para optar el título profesional de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser publicado.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 18 %**. \* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Ismael La', is positioned above a horizontal line.

LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL

DNI: 42362708

<https://orcid.org/0000-0002-5992-0202>

Facultad de Ingeniería UCSS

\* De conformidad con el artículo 8º, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8º. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## Dedicatoria

A Dios por darme fuerzas y bendecirme con una familia maravillosa, también le agradezco por poner en mi camino amigos y colegas que me brindan su apoyo, a quienes estimo profundamente

A mi mamita Felicinda Yoplac y a mi papito Baltazar Ventura, quienes fueron parte importante de mi formación a los cuales estoy eternamente agradecida.

A mi mamá Karin Ventura y a mi papá Carlos Acosta, por darme la vida, por su apoyo incondicional y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo se puede lograr.

A mis hermanos Gian Carlos Acosta y Solansh Camila Acosta, quienes son mi motivo para seguir luchando por mis metas y objetivos.

## Agradecimiento

Al Ing. Flavio Aquino, por la motivación y apoyo en el proceso de esta investigación.

A la Mg. Epifania Pérez y al Mg. Víctor Garcés, por su preocupación, apoyo y consejos en el desarrollo de esta investigación.

A Ingmon SAC y a su Gerenta General Ing. Mónica por su disponibilidad y apoyo en la realización de los ensayos de campo y laboratorio que fueron de suma importancia para esta investigación.

Al MsC. Manuel Laurencio, asesor del proyecto de investigación y a la Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Al M. Ing. Miguel Diaz Pardave, por su disposición y apoyo en la parte técnica de esta investigación.

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la Correlación entre los ensayos de penetración estándar (SPT) y Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero de punta cónica (DPL), con la finalidad de relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú. La metodología aplicada en la investigación tiene un enfoque cuantitativo. Para el cumplimiento de los objetivos se realizaron ensayos geotécnicos a las 16 muestras extraídas de las 03 calicatas y de los 02 ensayo SPT, estos ensayos permitieron determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo necesarias para el estudio. Posteriormente se utilizó el método de mínimos cuadrados para determinar la correlación entre los ensayos SPT y DPL y así verificar si existe la relación entre la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados. Los resultados obtenidos evidencian que, si existe la correlación entre los ensayos SPT y DPL, la ecuación  $(N_1)_{60}=1.0554N_{10}+ 2.3839$  presenta un coeficiente ( $R^2$ ) aceptable de 0.925.

*Palabras claves:* mínimos cuadrados, propiedades físicas, suelos saturados

## Abstract

The objective of this research is to determine the correlation between the Standard Penetration Test (SPT) and Light Dynamic Penetrometer (DPL) testing, with the aim of relating the compaction and internal friction angle ( $\phi$ ) in saturated soils of Lurín, Lima, Peru. The methodology applied in this research has a quantitative approach. To achieve the objectives, geotechnical tests were performed on 16 samples extracted from 3 test pits and 2 SPT tests. These tests allowed for the determination of the physical and mechanical properties of the soil necessary for the study. Subsequently, the least squares method was used to determine the correlation between the SPT and DPL tests, verifying the relationship between compaction and the internal friction angle in saturated soils. The results obtained show that there is indeed a correlation between the SPT and DPL tests, with the equation  $(N_1)_{60} = 1.0554N_{10} + 2.3839$  presenting an acceptable coefficient ( $R^2$ ) of 0.925.

*Keywords:* least squares, physical properties, saturated soils.

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1. Formulación del problema.....	17
1.1.1. Problema Principal.....	18
1.1.2. Problema Secundario.....	18
1.2. Objetivos de Investigación.....	18
1.2.1. Objetivos Principal.....	18
1.2.2. Objetivos Secundario.....	18
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación.....	19
1.4. Delimitación del Área de Investigación.....	19
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	21
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de Investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	24
2.2. Bases Teóricas.....	26

2.2.1. Ensayo de Penetración Estándar – SPT.....	26
2.2.2. Ensayo de Auscultación con Penetrómetro Ligero de Punta Cónica – DPL.....	36
2.2.3. Correlaciones con el SPT para Suelos Saturados.....	39
2.2.4. Entre el Valor N del SPT y el Angulo de Fricción Interna ( $\phi$ ).....	42
2.2.5. Correlación con el DPL.....	43
2.3. Definición de Términos Básicos.....	44
CAPITULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.1. Hipótesis Principal.....	48
3.2. Hipótesis Secundaria.....	48
3.3. Variables e Indicadores.....	48
3.3.1. Variable Independiente.....	48
3.3.2. Variable Dependiente.....	48
3.4. Operacionalización de las Variables.....	49
CAPITULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
4.1. Diseño de Ingeniería.....	51
4.1.1 Universo y Muestra de Investigación.....	51
4.2. Técnicas y Herramientas Estadísticas.....	57
CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	59
5.1. Descripción del Proceso de Exploración en Campo.....	59
5.1.1. Exploración con Calicatas.....	59
5.1.2. Exploración con SPT.....	64
5.1.3. Exploración con DPL.....	74
5.1.4. Ensayos de Laboratorio.....	78
CAPÍTULO 6. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS.....	82
6.1. Cálculo de la Relación de Vacíos y Peso Específico Saturado.....	82

6.2. Corrección del N del Ensayo SPT.....	83
6.3. Resultado de la Estadística de la Muestra.....	88
6.3.1. Gráfica de Dispersión.....	88
6.3.2. Regresión Lineal Simple y Método de mínimos cuadrados.....	90
6.4. Análisis de Correlación entre los valores del DPL y SPT.....	90
6.5. Resultados del ensayo SPT con el Angulo de Fricción Interna.....	91
6.6. Resultados de la correlación entre el valor N del ensayo SPT y la Densidad Relativa.....	92
6.7. Resultado de la correlación entre la Densidad relativa $D_r$ y el Ángulo de Fricción interna con el ensayo DPL.....	93
6.8. Resultados del ensayo DPL con el Angulo de Fricción Interna.....	94
6.9. Aplicación Estadística.....	95
6.10. Discusión de Resultados.....	97
6.10. Contrastación de Hipótesis.....	98
6.10.1. Contrastación de Hipótesis Principal.....	98
6.10.2. Contrastación de Hipótesis Secundaria.....	98
CAPÍTULO 7. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO.....	100
7.1. Beneficio no Financiero.....	100
7.2. Evaluación Económica – Financiera.....	101
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
8.1. Conclusiones.....	103
8.2. Recomendaciones.....	105
ÁPENDICE Y ANEXOS.....	106
i. Fuentes de Información.....	106
ii. ANEXOS.....	109
ANEXO A.....	109



ANEXO B.....	127
ANEXO C.....	132
ANEXO D.....	135
ANEXO E.....	138

## Índice de figuras

Figura 1 Ubicación de la Zona de estudio .....	20
Figura 2 Distribución de zona de exploración mediante cuadrículas rectangulares .....	21
Figura 3 Estructura de una caña Partida .....	28
Figura 4 Diagrama de dispersión – Tendencia .....	53
Figura 5 Desviaciones de valores observados. ....	55
Figura 6 Calicata 01 (C-01) Extracción de muestras.....	60
Figura 7 Toma de medida del nivel freático C-01 .....	61
Figura 8 Proceso de excavación Calicata 02 (C-02).....	61
Figura 9 Visualización de nivel freático en Calicata 03 (C-03).....	62
Figura 10 Equipo y herramientas utilizadas en el ensayo SPT.....	65
Figura 11 Barras guías y caña partida.....	66
Figura 12. Armado del martillo .....	67
Figura 13. Proceso de ensayo con equipo SPT .....	68
Figura 14. Extracción de barras guías y caña partida .....	69
Figura 15. Visualización de muestra a profundidad 5:00-5:45 m de SPT 01 .....	69
Figura 16. Visualización de muestra a profundidad 1:00-1:45 m de SPT 02 .....	70
Figura 17 Visualización de muestra a profundidad 2:00-2:45 m de SPT 02.....	72
Figura 18 Visualización de muestra a profundidad 2:00-2:45 m de SPT 02.....	74
Figura 19. Visualización el ensayo de DPL- 02 .....	77
Figura 20. Equipo DPL .....	77
Figura 21. Diagrama de Dispersión de los pares (N1)60.....	89
Figura 22. Recta de Regresión de los valores (N1)60 y N10.....	90
Figura 23. Resultados de la prueba de normalidad .....	96
Figura 24. Estadístico de prueba de la Hipótesis General – Spearman .....	96
Figura 25. Clasificación SUCS C-01, M-01 .....	109
Figura 26. Clasificación SUCS C-01, M-02 .....	110
Figura 27. Clasificación SUCS C-02, M-01 .....	111
Figura 28. Clasificación SUCS C-02, M-02 .....	112
Figura 29. Clasificación SUCS C-03, M-01 .....	113
Figura 30 Clasificación SUCS C-03, M-02 .....	114

Figura 31 Resultado Ensayo Triaxial CU – Parámetros totales.....	115
Figura 32. Resultado Ensayo Triaxial CU – Parámetros efectivos.....	116
Figura 33 Clasificación SUCS SPT - 01, M-01.....	117
Figura 34 Clasificación SUCS SPT - 01, M-02.....	118
Figura 35 Clasificación SUCS SPT - 01, M-03.....	119
Figura 36 Clasificación SUCS SPT - 01, M-04.....	120
Figura 37 Clasificación SUCS SPT - 01, M-05.....	121
Figura 38 Clasificación SUCS SPT - 02, M-01.....	122
Figura 39. Clasificación SUCS SPT - 02, M-02.....	123
Figura 40 Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 3.....	124
Figura 41 Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 4.....	124
Figura 42 Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 5.....	125
Figura 43. Perfil Estratigráfico C-01 .....	127
Figura 44. Perfil Estratigráfico C-02 .....	128
Figura 45. Perfil estratigráfico C-03 .....	129
Figura 46 Perfil estratigráfico SPT - 01 .....	130
Figura 47. Perfil estratigráfico SPT – 02 .....	131
Figura 48. Certificado de Calibración Equipo DPL.....	132
Figura 49. Certificado de Calibración Equipo DPL.....	133
Figura 50. Certificado de Calibración Equipo SPT .....	134
Figura 51. Certificado de Calibración Equipo SPT – Caña partida.....	135
Figura 52. Ficha de Registro de Campo SPT – 01.....	136
Figura 53. Ficha de Registro de Campo SPT – 02.....	137

## Índice de tablas

Tabla 1 Aparatos del Equipo de Penetración Estándar – SPT .....	27
Tabla 2 Aplicabilidad del Ensayo de Penetración Estándar – SPT .....	29
Tabla 3 Factores de corrección por sobrecarga.....	31
Tabla 4 Factor de corrección por longitud de barra.....	32
Tabla 5 Corrección por diámetro de perforación (ED).....	33
Tabla 6 Factores de corrección considerando tubo muestreador .....	34
Tabla 7 Relación de energía con respecto al equipo normalizado con $E_r = 60\%$ .....	34
Tabla 8 Tipos y usos del equipo DPL.....	37
Tabla 9 Aplicaciones y limitaciones del ensayo DPL .....	39
Tabla 10 Descripción cuantitativa de la densidad relativa basado en Terzaghi y Peck.....	40
Tabla 11 Reporte de DPL-01 .....	42
Tabla 12 Coeficientes Adimensionales $a_1, a_2, b_1, b_2$ .....	43
Tabla 13 Operacionalización de las variables.....	50
Tabla 14 Relación de exploraciones de campo.....	59
Tabla 15 Reporte de Calicatas realizadas en campo.....	62
Tabla 16. Reporte de número de golpes en campo de SPT 01 .....	70
Tabla 17 Valores de Angulo de Fricción interna ( $\phi$ ) dados por diversos autores en función a ( $N_1$ ) <sub>60</sub> .....	72
Tabla 18 Reporte de DPL-01 .....	75
Tabla 19 Reporte de DPL-02 .....	76
Tabla 20 Reporte de DPL-03 .....	76

Tabla 21 Ensayos de Laboratorio .....	78
Tabla 22 Ensayos Estándar para la clasificación de Suelos – Calicatas .....	79
Tabla 23 Compresión Triaxial CU – consolidada no drenada .....	79
Tabla 24 Ensayos Estándar para la clasificación de Suelos – SPT 01 .....	80
Tabla 25 Ensayos Estándar para la clasificación de Suelos – SPT 01 .....	81
Tabla 26 Resultados del Cálculo de Relación de vacíos (e) y el Peso específico Saturado ( $\gamma_s$ ) del SPT .....	82
Tabla 27 Resultados del Cálculo de Relación de vacíos (e) y el Peso específico Saturado ( $\gamma_s$ ) del SPT .....	83
Tabla 28 Corrección del NSPT01 con CN según Liao y Whitman para el SPT 01 .....	83
Tabla 29 Cálculo del valor CN para el SPT 01 .....	84
Tabla 30 Corrección del Número de Golpes del SPT 01 - (N1)60 .....	85
Tabla 31 Cálculo de $\Delta(N_{10})_{60}$ y CN para suelos Saturados - SPT 01 .....	85
Tabla 32 Corrección del NSPT02 con CN según Liao y Whitman para el SPT 02 .....	86
Tabla 33 Cálculo del valor CN para el SPT 02 .....	86
Tabla 34 Corrección del Número de Golpes del SPT 02 - (N1)60 .....	87
Tabla 35 Cálculo de $\Delta(N_{10})_{60}$ y CN para suelos Saturados - SPT 02 .....	87
Tabla 36 Variable Independiente y Dependiente .....	88
Tabla 37 Ecuación de la recta de la Recta de Regresión - Correlación entre el SPT y DPL .....	91
Tabla 38 Valores calculados del Ángulo de fricción interna $\phi$ en función al (N1)60 del SPT .....	91
Tabla 39 Resultado de las correlaciones entre (N1)60 del SPT 01 y la Densidad Relativa ( $D_r$ ) ..	92
Tabla 40 Resultado de las correlaciones entre (N1)60 del SPT 02 y la Densidad Relativa ( $D_r$ ) ..	93
Tabla 41 Número de golpes del ensayo DPL .....	94

Tabla 42 Cálculo de la Densidad relativa ( $D_r$ ) .....	94
Tabla 43 Valores deducidos para el ángulo de fricción ( $\phi$ ) a partir del índice de densidad (ID)..	95
Tabla 44 Análisis comparativo económico entre el un ensayo SPT y un ensayo DPL .....	101
Tabla 45 Costos Totales por los ensayos ejecutados .....	102
Tabla 46 Correlación del ángulo de fricción, Considerando $\phi'$ laboratorio = $30.5^\circ$ .....	104

## INTRODUCCIÓN

Para la ejecución de proyectos de zonificación geotécnica y estudios de mecánica de suelo es fundamental realizar estudios geotécnicos, estos permiten conocer las características y parámetros requeridos para el diseño de las cimentaciones. Según la normativa peruana se pueden realizar mediante técnicas de exploración tales como calicatas, perforaciones, ensayos SPT y DPL. El ensayo de penetración estándar SPT, desde su origen es la prueba In Situ más utilizada debido a su versatilidad para determinar los parámetros de resistencia en suelos arenosos, sin embargo debido a la dificultad en la ejecución y cantidad de personas requeridas para la manipulación del equipo hace que sea un ensayo costoso, por lo que ha dado paso a investigaciones para correlacionar los valores del SPT con ensayos de Auscultación o parámetros, siendo uno de los primeros Terzaghi y Peck (1967) quienes presentaron la primera correlación entre el número de golpes del SPT (NSPT). A nivel nacional, Atala (2011), con su investigación sobre estudios experimentales en suelos granulares finos (arenas) compactadas utilizando equipos de Penetración, estableció una ecuación para calcular la correlación entre en ensayo SPT con el DPL, para un suelo arenoso de grano fino.

Por lo mencionado, y debido a que en la actualidad se cuenta con poca referencia de correlaciones del SPT con el DPL para suelos arenosos saturado, surge la necesidad de investigar este tema, el cual busca correlacionar los ensayos de penetración estándar (SPT) con la Auscultación con penetrómetro Dinámico Ligero de punta cónica (DPL) para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, determinando las propiedades físicas con la finalidad de conocer las características y condiciones en las que se encuentra el suelo en estudio, los cuales se presentarán mediante un perfil estratigráfico que permitirá obtener un registro de los estratos del terreno y con ello comprobar si existe una correlación entre los valores del número de golpes (N) del SPT con el número de golpes  $N_{dpl}$  del DPL, así mismo se busca ver la existencia de una relación entre el SPT y el DPL para determinar la compacidad y el ángulo de fricción interna del suelo saturado.

La estructura de la presente investigación está comprendida en ocho capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el primer capítulo se plantea la problemática del estudio, los objetivos, delimitación, justificación e importancia de la investigación.

El segundo capítulo abarca el marco teórico de la investigación, donde se detallarán los antecedentes y bases teórica.

En el tercer capítulo se desarrolla el planteamiento de hipótesis y las variables de la investigación.

En el cuarto capítulo se desarrolla la metodología de investigación y el diseño de ingeniería

En el quinto capítulo se desarrolla el proceso experimental de los trabajos en campo y ensayos de laboratorio.

En el sexto capítulo se detalla y se da a conocer los resultados, análisis de resultados, discusión de resultados y la contrastación de Hipótesis.

En el séptimo capítulo se encuentra el análisis de costo beneficio de la investigación

En el último capítulo se presentan las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía utilizada en la investigación.



## CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Formulación del problema

En la actualidad, se tiene estandarizado las correlaciones del ensayo SPT, sin embargo en la literatura actual se cuenta con poca referencias de correlaciones del SPT con el DPL para suelos arenosos saturados, así mismo en investigaciones recientes se ha identificado que el procedimiento de la ejecución del ensayo, el cual implica considerar el modelo del equipo utilizado, los diferentes modelos de martillo, la altura de golpeo, la longitud de la barra, entre otras características, además del tipo y condiciones del suelo, influye en los resultados de la correlación; así mismo, se debe considerar que algunas de las correlaciones no presentan estadísticas bien definidas. Por otro lado, el ensayo SPT, al ser un ensayo que por su complejidad requiere de mayor número de personas y mayor tiempo para su ejecución, conlleva a que sea un ensayo costoso.

Se han desarrollado investigaciones relacionadas con las correlaciones entre el SPT y DPL para suelos arenosos los cuales la información ha sido ampliamente utilizada para los cálculos de diseño de cimentaciones, sin embargo, estas son propuestas a partir de correlaciones estandarizadas, por lo que su aplicación debe ejecutarse bajo las condiciones definidas para cada tipo de suelo. Por lo que, en la presente investigación, debido a la presencia del nivel freático, se busca correlacionar el número de golpes ( $N_{dpl}$ ) obtenidos en campo del DPL con los valores  $N$  del SPT con un máximo de profundidad de 3m, el cual puede ser usado como referencia en futuras investigaciones. Debido a que el ensayo de Auscultación con penetrómetro ligero de punta cónica (DPL), es un ensayo mucho más practico en la ejecución y menos costosa permite desarrollar mayores números de sondeos, abarcando una mayor área de trabajo, sin embargo, se debe recordar que este no sustituye al ensayo SPT según la norma técnica peruana E.050.

### ***1.1.1. Problema Principal***

¿Cuál es la correlación entre los ensayos de penetración estándar (SPT) y Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero de punta cónica (DPL) para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú?

### ***1.1.2. Problema Secundario***

¿Cuáles son las propiedades físicas para conocer las características y condiciones del suelo saturado en el Predio San Vicente Parcela Mz. ¿A, Lote 18 - Lurín?

¿Cuál es el perfil estratigráfico del suelo?

¿Qué relación existe entre el ensayo SPT con la compacidad y el ángulo de fricción en suelos saturados?

¿Cómo se relaciona el ensayo DPL con la compacidad y el ángulo de fricción en suelos saturados?

## **1.2. Objetivos de Investigación**

### ***1.2.1. Objetivos Principal***

Determinar la correlación entre los ensayos de Penetración Estándar (SPT) y Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero de punta cónica (DPL) para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú

### ***1.2.2. Objetivos Secundario***

Determinar las propiedades físicas con la finalidad de conocer las características y condiciones del suelo saturado en el Predio San Vicente Parcela Mz. A Lote 18- Lurín.

Realizar el perfil estratigráfico del suelo en estudio.

Obtener la relación del ensayo SPT con la compacidad y el ángulo de fricción en suelos saturados.

Hallar la relación del ensayo DPL con la compacidad y el ángulo de fricción en suelos saturados.

### **1.3. Justificación e Importancia de la Investigación**

#### ***1.3.1. Teórica***

Con la presente investigación se espera conocer la correlación entre los dos métodos de ensayos El Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL) y así obtener resultados que permita tener una mejor visión del comportamiento del suelo a estudiar para la obtención de los parámetros. Así mismo con la investigación se entregará un perfil estratigráfico el cual permite conocer la composición y las características físicas y mecánicas que conforma el suelo en estudio, el cual puede ser utilizado como referencia en estudios de mecánica de suelos o para futuros estudios en el distrito de Lurín.

#### ***1.3.2. Social***

La presente investigación propone beneficiar a la población de los alrededores de la zona de estudio, así mismo pretende beneficiar a todo estudio que comprenda las mismas condiciones y características del suelo estudiado, ya que permitirá tener una visión general del comportamiento del suelo. Mediante la metodología aplicada se podrá obtener los parámetros los cuales pueden servir como referencia para un estudio de mecánica de suelos con fines de Cimentación o caracterización.

### **1.4. Delimitación del Área de Investigación**

El área de estudio se encuentra ubicado en el Predio San Vicente Parcela B-68, Mz A L – Lurín. Con coordenadas UTM 12°16'46.2" S 76°52'14.3" W.

**Figura 1**

*Ubicación de la Zona de estudio*

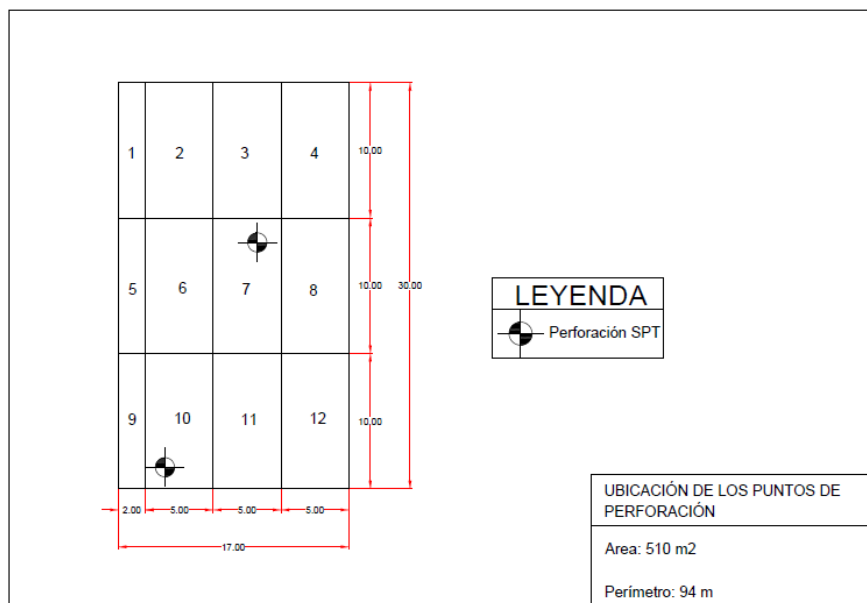


*Nota.* Tomado de Google Earth. La ruta de acceso a la zona de estudio es por vía terrestre, en auto desde Lima a Lurín, 35 Km por la carretera Panamericana Sur.

El tamaño de la muestra son 02 puntos de investigación de SPT en los 510 m<sup>2</sup> del área del terreno. El tipo de muestra será no probabilístico o dirigido, dado que la elección de los elementos no se basa en la probabilidad, sino en factores vinculados con las características de la investigación o de quien realiza la muestra. Por medio de una selección intencional, se buscó ubicaciones estratégicas. Para la selección de los puntos a investigar, se estableció un patrón de cuadrículas rectangulares, ver Figura 2, el tamaño de las cuadrículas será dividido entre el área de estudio que tiene como ancho 17m y de largo 30m segmentándolas en cuadrículas de 5x10m, obteniendo un total de 12 cuadrículas para el análisis no probabilístico. En la inspección de campo se observó que los puntos 7 y 10 son los indicados para la extracción de muestra. Así se realizaron 03 ensayos de Auscultación con penetrómetro ligero de punta cónica y 03 calicatas a un radio no mayor a 20m de los puntos del SPT. Finalmente se recuperaron muestras para los ensayos de laboratorio y con ello obtener el porcentaje de finos, D<sub>50</sub>, W% y Límites.

**Figura 2**

*Distribución de zona de exploración mediante cuadrículas rectangulares*



*Nota.* Ubicación de los números de perforaciones n de muestra de SPT en el terreno de área 510 m<sup>2</sup> – plano en AutoCAD (2021).

### 1.5. Limitaciones de la Investigación

El nivel freático encontrado en la zona de estudio puede influir en la determinación de la resistencia del suelo, debido que el suelo al estar saturado se produce un reacomodo de partículas al momento de la generación de vibraciones producto de los golpes producidos en la penetración del suelo que se realizan en los ensayos SPT y DPL, esta limitación no perjudica a la investigación debido que la profundidad máxima a las cuales se realizará el ensayo es hasta 5m.

El estudio al realizarse en el año 2021 se tuvo que trabajar siguiendo estrictamente las restricciones sanitarias producto de la COVID-19, entre ellas la reducción al mínimo del personal técnico para la manipulación del equipo SPT, DPL y calicatas, dificultando los procesos en los trabajos de campo.

## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Nacionales

Flores et al. (2020) Determinaron la correlación entre los resultados obtenidos del ensayo de Penetración Dinámico Ligero (DPL) con el ensayo de Penetración Estándar (SPT) al valor de “N” en suelos arenosos del distrito de Chilca. Actualmente, las Normas Peruanas de métodos de Auscultación Dinámica presentan limitaciones respecto a la interpretación de los resultados correlacionados entre los ensayos SPT y DPL, así mismo, estudios realizados en los últimos años utilizando el Ensayo de Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) para la determinación de resistencia de suelos arenosos, correlacionan los resultados obtenidos con resultados de laboratorio, ensayos en campo o referencias bibliográficas permitiendo solo obtener parámetros para el lugar en específico de estudio, siendo no consideradas como “correlaciones establecidas”, por lo que no se ha obtenido una metodología ni correlación adecuada entre el ensayo DPL y el ensayo SPT. Por esa razón en la investigación se realizó una metodología estadística y una ecuación de regresión lineal entre el DPL ( $N_{10}$ ) y el SPT ( $N_{10}$ ). La toma de datos se realizó mediante la selección de puntos distribuidos, el cual consistía que los ensayos de DPL debían estar ubicados a un radio no mayor de 60m con respecto de los puntos donde se realizaron los ensayos SPT, de ese procedimiento se registraron los resultados obtenidos en campo, los resultados de laboratorio, las estratigrafías de cada punto y la identificación del Nivel freático a una profundidad promedio de 3.00m, con ello se obtuvo una base de datos de 393 pares de  $N_{SPT}$  y  $N_{10}$ . La población de estudio estuvo conformada por el suelo arenoso de Chilca, tomando como referencia la ecuación de Altman Douglas G. (1991) en su libro “*Practical Statistics for medical Reserch*” se determinó que para realizar análisis y conclusiones sobre muestra población con un nivel de confianza del 95% se requerían 10 pares de  $N_{SPT}$  y  $N_{10}$ . Para la obtención de la ecuación de la recta de regresión lineal utilizaron el Software Minitab, el cual tiene una metodología de mínimos cuadrados. Por lo tanto, el resultado obtenido fue un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre 84% y 87%, una correlación general para la zona de estudio desde  $N_{10}(x)$  y  $N_{10}(y)$  de  $y= 0.533x+3.0028$ , siendo una correlación válida solo para suelos de Chilca que se encuentre por encima del nivel freático, que presente clasificación de suelos arenosos mal gradado (SP) y para arenas con porcentaje de limos (SP-SM). En conclusión, la correlación obtenida en la investigación sólo es válida hasta una profundidad de 3.00m, así mismo se analizó la comparación de las ecuaciones obtenidas con los resultados de diversos autores llegando a identificar que las ecuaciones

de correlación  $N_{10}$  y  $N_{SPT}$  son susceptibles a la composición del tipo de suelo y su formación geodinámica, por lo que concluyen que los factores como la geología del lugar, el método de obtención de datos, el tipo y la resistencia del suelo a estudiar, así como el método estadístico a utilizar en la correlación influyen en los resultados haciendo imposible su determinación.

German, L. y Pérez P. (2019) En su investigación determinaron la correlación entre los valores de los ensayos SPT, DPL y Corte Directo en el Asentamiento Humano Virgen del Carmen en las lagunas de Mocupe. Debido a que los procesos constructivos en edificaciones muchas veces no cuentan con estudios de mecánica de suelos previos, por ende, no cuentan con las características físicas y mecánicas del suelo en la zona de estudio, pudiendo a futuro ocasionar daños estructurales en las edificaciones. Ante la problemática, desarrollaron una investigación de enfoque cuantitativo mediante un diseño de base de datos en donde se ajustaron los valores para la obtención de una máxima objetividad de los resultados. La toma de datos consistió en la realización de 12 puntos de ensayos SPT, DPL y calicatas, mediante el registro en formatos de los datos por cada ensayo, así mismo se recolectó información y las normativas a utilizar en los procesos de ejecución de ensayos de campo y laboratorio. Se obtuvo como resultado en la correlación de la capacidad portante con los ensayos del SPT y DPL un diagrama de dispersión en la cual se obtuvo una ecuación de regresión lineal  $y = 0.5973x + 0.2128$ , con un coeficiente de Determinación de  $R^2 = 0.9751$ , así mismo los resultados obtenidos del análisis estadístico de la comparación de los números de golpes entre los ensayos SPT y DPL a una determinada altura fueron cercanos a la unidad, siendo el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9993$ , con una ecuación de regresión lineal  $y = 0.8122x - 0.7164$ . Finalmente, se concluye que para las 12 correlaciones establecidas y ajustadas al diagrama de dispersión lineal la ecuación más representativa es  $y = 0.8122x - 0.7164$ , respecto a las correlaciones de la capacidad portante entre el SPT y DPL concluye que existe grandes variaciones debido que se debieron eliminar resultados de la capacidad portante a diferentes profundidades con la finalidad de que estos se ajusten al diagrama de dispersión.

Barrios, J. (2019) realizó un estudio con el objetivo de determinar por medio de números de golpes una formulación para correlacionar los resultados del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y del Penetrómetro Dinámico Ligero de Punta Cónica (DPL) para suelos del P.J Wilmer Fernández Malca en la Ciudad de Chiclayo. Debido a la necesidad constante para obtener parámetros geomecánicas de un suelo mediante ensayos de penetración estándar, teniendo en cuenta que la realización del ensayo SPT influye un alto costo para su ejecución, así mismo debido

a que los estudios e investigaciones referente a correlaciones para la obtención de dichos parámetros los cuales presentan metodologías limitadas para la utilización en los diferentes tipos de suelo son las problemáticas propuestas por la investigación. La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo se basó en una estadística para el análisis de la información, el cual consiste en relacionar el ensayo SPT y el ensayo DPL con una correlación mediante una fórmula obtenida de los números de golpes tomados en los ensayos utilizando la recta de regresión de mínimos cuadrados. Según los resultados obtenidos, en la exploración de campo no se registró la presencia de nivel freático, así mismo mediante los ensayos de laboratorio realizado a las muestras de suelo extraídos del ensayo SPT se identificó muestras con la siguiente clasificación SUCS: SC, SM, CL, MH y ML; del análisis comparativo de los resultados de N10 y N30 el cual se realizó por estratos se obtuvo correlaciones fuertes para suelos de clasificación SC y CL, siendo la ecuación para arcillas de baja plasticidad (CL)  $N_{30} = 0.1537(n_{30}) - 0.6325$ , con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.902$  y para las arenas arcillosas se obtuvo  $N_{30} = 0.1142(n_{30}) + 0.778$ , con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.915$ . Se concluye indicando que hasta una profundidad de 3.70m no se visualizó nivel freático en la zona de estudio, las ecuaciones de correlación obtenidas como resultado para los tipos de suelo SC y CL son recomendados utilizarlos exclusiva en el Asentamiento humano Wilmer Fernández Malca debido a su cercanía al valor real, finalmente menciona la necesidad de continuar con la investigación para determinar parámetros tales como el ángulo de fricción, capacidad portante, módulo de elasticidad y módulo de balastro los cuales son fundamentales para un diseño de cimentación.

### ***2.1.2. Antecedentes Internacionales***

Dos Santos, M. y Bicalho K. (2017) su investigación tuvo como objetivo correlacionar el SPT-CPT y DPL-CPT en Vitoria, ciudad perteneciente al estado de Espírito Santo, al sureste de Brasil con la finalidad de investigar las influencias del  $D_{50}$  y el porcentaje de contenido fino (FC%) en las correlaciones del SPT – CPL. Identificaron que se ha desarrollado durante los últimos 50 años correlaciones empíricas entre los ensayos del SPT – CPT y DPL – CPT siendo algunas de ellas correlaciones que no presentan estadísticas bien definidas o están propuestas a partir de estandarizaciones anteriores por lo que el uso de estas correlaciones requiere juicio y precaución debido que deben usarse bajo las condiciones estudiadas y definidas del suelo siguiendo los procedimientos adecuados. La metodología utilizada para el desarrollo de investigación se basa en la utilización del modelo de regresión lineal para obtener la correlación entre dos variables, siendo



la variable independiente (x) y una variable dependiente (y), así mismo mediante el coeficiente de regresión se determina la relación entre (x) e (y), para la validación de la correlación se basaron en la distribución de los residuos y en el RMSE (Raíz del error cuadrático medio o residual), el estudio se realizó a un estrato poco profundo el cual estaba conformado por arena con una profundidad aproximada de 6m con un densidad relativa variada. Como resultado, la regresión lineal en base a los 36 pares de datos del  $N_{SPT}$  obtuvo un  $R^2$  de 86% siendo esta una correlación válida, así mismo se tuvo como resultado en el Error cuadrático medio (RMSEEI) con un valor de 0.58 lo que indica que la correlación es válida y el coeficiente es consistente. Por lo que concluyen que la correlación empírica SPT-CPT, y el índice de penetración dado por el SPT y el DPL pueden correlacionarse mediante relaciones lineales, la comparación entre los resultados obtenidos para el estudio y estudios realizados por Robertson (1983) y Kulhawy (1990) muestran una correlación, así mismo recalcan que las correlaciones son válidas sólo cuando se utilizan un mismo equipo y las condiciones de suelo son parecidas.

Lingwanda et al. (2015) El estudio tiene como objetivo correlacionar los resultados del ensayo DPL con los ensayos SPT y CPT con la finalidad de procesar y transformar los datos del DPL para aumentar la aplicabilidad en las correlaciones con el SPT y CPT obtenidos en campo, así como también comparar con la información propuesta en diversas literaturas. Debido a la poca información e investigación de las aplicaciones del DPL sobre el SPT, siendo el DPL aplicado mayormente para realizar estratigrafías o como complemento del SPT, identificando que estudios locales en Tanzania utilizan el SPT para proyectos de cimentación siendo este un estudio que demanda tiempo e inversión económica, por lo cual se buscó alternativas que permitan obtener los parámetros del suelo con correlaciones entre el N del SPT y los valores  $n_{10}$  del DPL. Para la investigación se utilizó una metodología para determinar las correlaciones las cuales fueron los mínimos cuadrados ordinarios estadísticos (OLS), la media aritmética simple y el método de regresión. Como resultados se obtuvo que para arenas arcillosas los datos del SPT con el DPL son expresado por  $N_{60} = 1.01N_{10} + 0.44$ , observándose que el coeficiente y el error estándar disminuyen lo que conlleva a una disminución de incertidumbre. Concluyen que las correlaciones desarrolladas para el estudio se adecuan a un tipo de suelo arena limosa a arcillosa, así mismo recomiendan utilizar las correlaciones obtenidas en las zonas de estudio las cuales cuenten con las mismas condiciones y procesos de ejecución a diferencia de las correlaciones generalizadas.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. *Ensayo de Penetración Estándar – SPT*

El Ensayo de Penetración Estándar (SPT) tiene la finalidad de identificar el grado de compacidad y la obtención de muestras presente en los suelos. (Atala, (2011), como se citó en Mohr, (1937)). En “Exploration of soil Conditions and Sampling operations” Presenta el primer informe del ensayo de penetración en el cual mostraban el método de exploración y muestreo realizado por la Gow, División de Raymond Concrete Pile en 1929. Es hasta en 1948 que Terzaghi y Peck en su ensayo presentado en “Mecánica de suelos en la Ingeniería Practica” muestran los procedimientos del ensayo y detalles del diseño de la caña partida.

Actualmente este ensayo se rige bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339.133, en el cual se establece el principio del método, procedimientos, equipos y aparatos del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

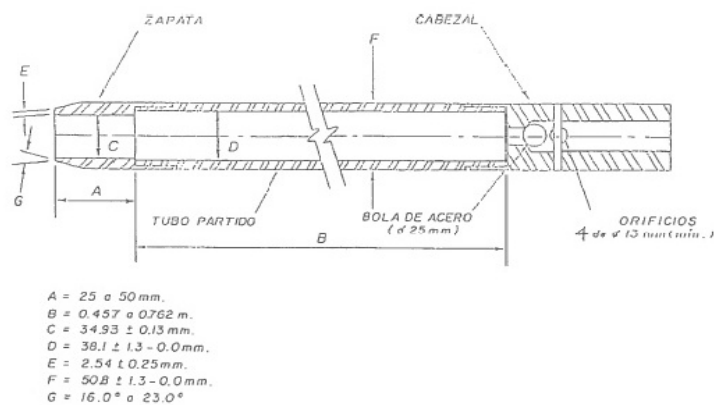
En la Tabla 01, se detalla los equipos y características del método indicado en la NTP 339.133 con las dimensiones normativas.

**Tabla 1***Aparatos del Equipo de Penetración Estándar – SPT*

Equipo	Descripción NTP 339.133
Equipo de perforación	Cualquier equipo de perforación
Brocas	Diámetro < 6.5” (162 mm) y > 2.2” (56mm)
*Varillas de muestreo “A”	Varillas de perforación de acero con unión rápida, Diámetro exterior 1 5/8” (41.2mm) y diámetro interno de 1 1/8” (28.5mm)
Caña Partida	Diámetro interior: $34.93 \pm 0.13$ mm, forma y dimensión específica. Opcional el uso de revestimiento con un diámetro constante de 35mm y el uso de canastillas de retención de muestras. N puede aumentar en 10% a 30% con el uso de revestimiento.
Martillo	Masa metálica con peso de $63.5 \pm 1$ kg, caída del martillo $76\text{mm} \pm 25\text{mm}$ sin impedimento.

*Nota.* \*El tipo de varilla utilizada tendrán un efecto despreciable en los valores de N hasta una profundidad de por lo menos 30 metros. Tomado de *NTP 339.133 (p.3)*

En la Figura 03, se detallan las dimensiones que debe cumplir con la normativa.

**Figura 3***Estructura de una caña Partida*

*Nota.* La imagen detalla la estructura de la caña partida utilizada para la recolección de la muestra. Tomado de la NTP339.133 (p.13)

### 2.2.1.1 Aplicación y Limitación del Ensayo.

Según la Norma técnica E.050 Suelos y Cimentaciones el ensayo es aplicable a todo tipo de suelo según la Clasificación SUCS, mediante una técnica de exploración por perforación del cual se obtendrá el parámetro N, teniendo como limitaciones realizar el ensayo en fondos de cualquier tipo de excavaciones en suelo (calicatas y trincheras) y en tipo de suelos que SUCS clasifique como grava.

Según Atala (2011) hace referencia de la aplicabilidad nula a alta entre los parámetros de suelo y el ensayo SPT, los cuales se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2***Aplicabilidad del Ensayo de Penetración Estándar - SPT*

<b>Parámetros del suelo</b>	<b>Aplicabilidad</b>
Clasificación de suelo	Moderada
Perfil estratigráfico	Moderada
Densidad relativa (Dr)	Moderada
Angulo de fricción ( $\phi$ )	Limitada
Consolidación (Cv)	Nula
Resistencia a la licuación	Alta

*Nota.* Tomado de *Estudio Experimental sobre Correlaciones en Suelos Granulares finos (Arenas) Compactados, usando Equipos de Penetración.* (p.13), por Atala (2011)

### **2.2.1.2. Procedimiento General del Ensayo.**

Según la NTP 339.133, luego de armado el trípode se coloca la caña partida en la perforación, posterior se comienza con penetración, dejando caer libremente el martillo de 63.5kg a una altura de 76cm, para que la altura sea constante se debe marcar la tubería guía. La ejecución de la subida y bajada del martillo debe realizarse mediante un sistema de caída automática, semiautomática o con el uso de malacate, para este último la sogá no debe estar más de  $2 \frac{1}{4}$  de vuelta en el malacate.

Realizar la penetración con los golpes del martillo, registrar los números de golpes aplicados, los primeros 15cm se considera como acomodamiento del suelo, la sumatoria de los números de golpe del segundo y tercer incremento de 15cm de perforación se denomina el valor N o resistencia a la penetración estándar. El proceso debe continuar hasta que se observe que un total de 50 golpes ha sido aplicado durante la perforación de los 15cm o un total de 100 golpes se ha aplicado o no se observe ningún avance del tubo durante la aplicación de 10 golpes seguidos con el martillo.

Alzar la caña partida a la superficie y abrirlo, se registra la longitud de la muestra recuperada, se describe las características físicas y condición del suelo recuperado, la muestra

recuperada se coloca en un recipiente o bolsa hermetizada para evitar pérdida de humedad, se etiqueta colocando el nombre del proyecto, número de sondaje, profundidad y número de golpes, para luego trasladarlo al Laboratorio y realizar los ensayos según corresponda.

### **2.2.1.3. Factores que Afectan el Valor “N”.**

Al ser un ensayo que se ejecuta de manera manual, controlado por un operador y mediante un malacate, se debe considerar diversos factores que pueden estar afectando el ensayo, dichos factores pueden ser visualizados en la ejecución en campo del ensayo y posterior realizar las correcciones correspondientes, los factores pueden ser los siguientes:

- Dependiendo al equipo empleado ya sea Automático o semi automático se debe verificar la caída del martillo la altura de  $76 \text{ cm} \pm 25 \text{ mm}$ .
- La energía transmitida dependiendo al sistema de soga – malacate, el diámetro y condición de la soga, las vueltas de la soga e el malacate influirán en el proceso. Según la NTP 339.133 el malacate debe ser operado a una velocidad de rotación mínima de 100RPM, así mismo menciona que no se debe exceder de  $2 \frac{1}{4}$  vueltas de soga en el malacate durante la realización del ensayo.
- El uso de muestreador dentro de la caña partida, provocará incremento en la resistencia a la fricción lateral y en los valores de N.
- La presión de sobrecarga, provocados por la densidad del propio suelo, pueden dar valores de N mucho menores si el suelo tiene la misma densidad, mayormente cerca de la superficie la presión efectiva en baja.
- La longitud de las varillas de perforación, estas varían entre 1.5 m a 10 m, las cuales fueron evaluadas por diversos investigadores los cuales concluyeron que la longitud de las varillas influye, de manera no crítica, al igual que otros factores como la resistencia del muestreador.

### 2.2.1.4. Factor de Corrección por Sobrecarga para Suelos Granulares.

Según Jay et al. (2015) en suelos granulares, el valor de N se ve influenciado por la presión de sobrecarga efectiva  $\sigma'_0$ . Por lo tanto, el valor de N obtenido en los ensayos de campo con el SPT bajo las diferentes presiones de sobrecarga efectivas debe cambiarse para que correspondan a un valor estándar de  $\sigma'_0$ . Atala (2011) define al  $C_N$  como la relación entre la resistencia del SPT medida a una presión vertical efectiva dada a un nivel y la resistencia medida a un nivel de presión estándar. En 1957 Gibbs y Holtz, indicaron que, dependiendo al factor de corrección, las interpretaciones pueden variar, así mismo indicaron que la relación entre la densidad relativa y los valores del SPT dependen de las características de la arena, ya sea que se encuentre saturada o seca, y de la presión de sobrecarga. Los valores N corregidos ( $N_1$ ) se obtienen utilizando la siguiente fórmula:

$$N_1 = C_N \times N$$

En la Tabla 3. Se muestran las recomendaciones dadas por diversas fuentes para Corrección del factor de sobrecarga ( $C_N$ ).

**Tabla 3**

*Factores de corrección por sobrecarga*

Referencia	Factor de corrección ( $C_N$ )	Unidades de los esfuerzos pro sobrecarga ( $\sigma'_v$ )	Consideraciones
Tokimatsu y Yoshimi (1983)	$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}$	Kg/cm <sup>2</sup>	
Liao y Whitman (1986)	$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$	Kg/cm <sup>2</sup>	Proponen que $C_N \leq 1.7$
	$C_N = \frac{2}{1 + \sigma'_v}$	Kg/cm <sup>2</sup>	Para arenas de mediana densidad relativa
Skempton (1986)	$C_N = \frac{3}{2 + \sigma'_v}$	Kg/cm <sup>2</sup>	Para arenas normalmente consolidadas gruesas
	$C_N = \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}$	Kg/cm <sup>2</sup>	Para arenas finas consolidadas

Youd et al. (2001) NCERR/NSF (1996-1998)	$C_N = \frac{2.2}{1.2 + \sigma'_{vo}/P_a}$	Kg/cm <sup>2</sup>	Proponen que $C_N \leq 1.7$
Boulanger and Idriss (2004)	$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_v}\right)^m$	Kg/cm <sup>2</sup>	Proponen que $C_N \leq 1.7$

*Nota.* Tomado de Carter y Bentley (1991). Donde el exponente “m” de la ecuación de Boulanger and Idriss es  $0.784 - 0.0768\sqrt{(N_1)_{60cs}}$

#### 2.2.1.5. Factor de corrección por longitud de varilla ( $C_R$ ).

Según la NTP 339.133 (1999), el tipo de varillada utilizada tiene un impacto despreciable en los valores N hasta una profundidad de por lo menos 30m. Para propósitos de investigación, se considerará lo descrito por Seed, quien señala que cuando la longitud de las varillas de perforación tiene una longitud inferior a 3m, se produce una reflexión que reducen la energía disponible que llega al sacamuestras para generar la penetración, por lo tanto, se puede inferir que la reflexión genera un aumento de la resistencia a la penetración. Los valores de  $C_R$  recomendados por Youd et al. (2001) se adoptarán en la presente investigación, los cuales serán descritos en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Factor de corrección por longitud de barra*

Longitud de la Barra	Youd et al. (2001) National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER)
< 3m	0.75
3 – 4 m	0.80
4 – 6 m	0.85
6- 10m	0.95



---

> 10m	1.00
-------	------

---

*Nota.* Adaptado de Atala (2011).

#### **2.2.1.6. Factor de Corrección por Diámetro de Perforación ( $C_B$ )**

Según Atala (2011) indica que para diámetros de perforación de 2<sup>1/2</sup>” a 4” las correcciones de N no parecen tener relevancia, algo que no ocurre si los diámetros aumentan a 8”, ya que la sobrecarga lateral sobre el fondo de la perforación comienza a perder efecto sobre la resistencia N. En la Tabla 5 se muestran las correcciones presentadas por Skempton (1986).

**Tabla 5**

*Corrección por diámetro de perforación ( $E_D$ )*

---

<b>Diámetro de perforación (mm)</b>	<b><math>C_B</math></b>
60 – 120	1
150	1.05
200	1.15

---

*Nota.* Tomado de Atala (2011).

#### **2.2.1.7. Factor de Corrección por Sacamuestras ( $C_s$ ).**

Según la NTP 339.133 (1999) los sacamuestras partidos (también conocidos como caña partida) tienen un diámetro interno de 35 mm (1 3/8”) que incluye el tubo porta muestras. Cuando no se utiliza la porta muestras interno, el diámetro interno es de 38mm (1 1/2”). En este último caso, la fricción generada por el suelo contra la pared del sacamuestra se reduce.

En la Tabla 6. Se muestran los factores de corrección dadas por Schmertmann (1978).

**Tabla 6**

*Factores de corrección considerando tubo muestreador*

<b>Corrección por muestreador (Cs)</b>	
<b>Condición</b>	<b>Cs</b>
Sin Tubo muestreador	1.00
Con Tubo muestreador: Arena densa, arcilla	0.80
Arena dura	0.90

*Nota.* Adaptado de Atala (2011)

### **2.2.1.8. Factor de Corrección por Eficiencia del Martillo ( $C_E$ ).**

Según Idriss y Boulanger (2008)  $ER_m$  es el valor medido de la entrega de energía como porcentaje de la energía teórica del martillo en caída libre siendo:

$$C_E = ER_m / 60\%$$

Cartel y Bentley (1991) sugieren que los valores de N medidos por cualquier método en particular deben normalizarse a alguna relación de energía de la varilla ( $E_R$ ), proponiendo un valor de 60%. En la Tabla 7, se muestra la relación de energía con respecto al Equipo Normalizado con  $E_r=60\%$ , según Youd et al. (2001).

**Tabla 7**

Relación de energía con respecto al equipo normalizado con  $E_r = 60\%$

<b>Tipo de Martillo</b>	<b><math>E_r = 60\%</math></b>
Donut	0.5 – 1.0
De seguridad	0.7 – 1.2
Automático tipo Donut	0.8 – 1.3

*Nota.* Tomado de Atala (2011)

### 2.2.1.9. Corrección de la Variación $N$

Boulanger y Idriss (2008) en su investigación licuación basada en procedimientos de activación del SPT describe que el recuento de golpes del SPT se ve afectado por los detalles del procedimiento del ensayo y por el esfuerzo de sobrecarga, por ello expresa la corrección de los números de golpe con la siguiente ecuación:

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N$$

Donde:

$C_N$  = Corrección por sobrecarga

$C_E$  = Corrección por eficiencia del martillo

$C_R$  = Corrección por longitud de varilla

$C_B$  = Corrección por diámetro de perforación

$C_S$  = Corrección por sacamuestras

Así mismo, identifica que, para un suelo con tendencia a la licuación, se requiere realizar un análisis de valor de resistencia a la licuación (CRR), el cual se ve afectado por el contenido de finos del suelo (FC), donde la correlación también se puede expresar en términos de una arena limpia equivalente  $(N_1)_{60}$  el cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

Donde:

$\Delta(N_1)_{60}$  = Ajuste de arena limpia equivalente

Este ajuste realizado por Boulanger y Idriss (2008), fueron desarrollados con historiales de casos de licuefacción en los cuales encontraron que la correlación que desencadena la licuefacción se desplaza hacia la izquierda a medida que el contenido de finos del suelo (FC) aumenta, por lo que ese efecto se representa ajustando convenientemente los valores del SPT  $(N_1)_{60}$  a valores equivalentes de arena limpia  $(N_1)_{60cs}$ , el cual se expresa:

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left(\frac{15.7}{FC+0.01}\right)^2\right)$$

Donde el ajuste  $\Delta(N_1)_{60}$  esta en función del contenido de finos del suelo (FC).

### ***2.2.2. Ensayo de Auscultación con Penetrómetro Ligero de Punta Cónica - DPL***

Aprobadas por el Comité Técnico de Pruebas de Penetración de suelos de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones en 1989, el ensayo de Penetración ligera con punta cónica tiene el objetivo de medir la resistencia del suelo a la penetración mediante un cono, con el fin de obtener información sobre las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados del DPL pueden emplearse para evaluar la trabajabilidad de los suelos y, mediante una calibración adecuada, proporcionar indicaciones sobre propiedades de la ingeniería de los suelos, como la densidad relativa, compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante y la consistencia.

Actualmente este ensayo se rige bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339.159 en el cual se establece el principio del método, procedimientos, equipos y aparatos del Ensayo del ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)

En la Tabla 8, se detalla los tipos y usos posibles del equipo DPL según indica en la NTP 339.159 con las dimensiones normativas.

**Tabla 8***Tipos y usos del equipo DPL*

<b>Características del equipo</b>	<b>Descripción NTP 339.159</b>
<b>Características del martillo</b>	
Peso del martinete (M)	$10 \pm 0.1$ Kg
Altura de caída (H)	$0.50 \pm 0.01$ m
Peso del dispositivo de introducción sin martinete Max.	6 Kg
Relación Largo a Diámetro (D) del martillo	$1 \leq \leq 2$
Diámetro del yunque(d) medido en mm	$100 < d < 0.5D$
<b>Características de la varilla</b>	
Longitud de la varilla	$1 \pm 0.1\%$ m
Masa máxima de la varilla	3 Kg/m
Desviación máxima de la varilla debajo de los 5m	0.2 %
Excentricidad de la varilla (máx)	0.2 mm
Diámetro de la varilla externo / interno medido en mm	22 / 6 mm
<b>Características del cono</b>	
Angulo del cono	90°
Área nominal del cono	10 cm <sup>3</sup>

<b>Características del equipo</b>	<b>Descripción NTP 339.159</b>
<b>Características del cono</b>	
Diámetro mínimo de las puntas de las sondas empleadas ( $d_{\min}$ )	34 mm
Diámetro de la punta medido en mm ( $d$ )	$35.7 \pm 0.3$
Angulo de la parte inclinada del cono	$11^\circ$
Desgaste máximo de la longitud de la punta del cono	3 mm
<b>Penetración</b>	
Número de golpes por centímetro de perforación	10 cm, $N_{10}$
Rango estándar del N° de golpes	3 - 50
<b>Energía por golpe</b>	
Trabajo específico por golpe $\text{kJ/m}^2$	50

*Nota.* Adaptado de la Norma Técnica Peruana NPT 339.159 y de Atala (2011)

### **2.2.2.1. Aplicación y Limitación del Ensayo**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050, las auscultaciones dinámicas requieren ensayos e investigaciones adicionales del suelo para su interpretación. Asimismo, se señala que el ensayo DPL no reemplaza al ensayo de Penetración Estándar (SPT). Por lo tanto, los parámetros obtenidos con este ensayo ( $n$ ) deben ser obligatoriamente correlacionados con los parámetros de los ensayos SPT ( $N$ ) del cual se ha efectuado el estudio de mecánica de suelos. Además, la normativa prohíbe ejecutar ensayos DPL en el fondo de calicatas o cualquier tipo de excavación que pueda provocar pérdida de confinamiento, finalmente prohíbe utilizar este tipo de ensayo a profundidades mayores de 3.00m.

En la Tabla 9. se muestra las aplicaciones y limitaciones del ensayo DPL

**Tabla 9**

*Aplicaciones y limitaciones del ensayo DPL*

Ensayo In Situ	Técnica de Exploración	Permitida	Parámetro a obtener	No permitida	
		Tipo de suelo según la Clasificación SUCS		Técnica de exploración	Tipo de Suelo (1)
DPL	Auscultación	SP, SW, SM (con limos no plásticos)	n	Calicata	Lo restante

*Nota.* El parámetro n es el número de golpes por cada 0.10m de penetración mediante auscultación con DPL. Adaptado de la Norma técnica peruana E0.50

#### **2.2.2.2. Procedimiento General del Ensayo.**

Según la NTP 339.159, la instalación del equipo debe realizarse de manera vertical, manteniendo esa posición durante todo el proceso, la inclinación no debe excederse al 2%. La velocidad de ejecución durante el ensayo debe mantenerse constante, teniendo una secuencia de 15 a 30 golpes por minuto, para suelos de grano grueso con alta permeabilidad al agua la secuencia puede aumentar a un máximo de 60 golpes por minuto.

Luego de posicionar la varilla se procede a soltar el martillo de  $10 \pm 0.1$  Kg a una altura de  $0.50 \pm 0.01$  m, donde se procederá a contar los golpes por cada 10 cm de profundidad de penetración donde se obtendrá en  $N_{10}$ . Se continúa con el ensayo hasta un rango de 50 golpes, se considera como finalizado. El registro obtenido en campo debe registrarse en el informe.

#### **2.2.3. Correlaciones con el SPT para Suelos Saturados**

El Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 establece que, tanto para los ensayos de campo Cono tipo Peck (CPT) como para los ensayos de auscultación con penetrómetro dinámico

ligero de punta cónica (DPL), es obligatorio correlacionar los parámetros de los ensayos del SPT (N).

Si bien existen correlaciones generales entre el ensayo SPT con el ensayo DPL, se puede establecer una correlación entre el ensayo SPT con el ensayo DPL de acuerdo a las condiciones del suelo en estudio. Para el caso de la presente investigación se considerará material bibliográfico referente a correlaciones de ensayo SPT y DPL para suelos arenosos saturados.

Los ensayos de penetración son un indicador de la densidad relativa o grado de compactación de las arenas, lo que permite estimar diversas propiedades del suelo en estudio. En esta investigación, se examinaron las correlaciones entre el ensayo SPT, la Densidad Relativa (Dr) y el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ).

### 2.2.3.1. Entre el Valor N del SPT y la Densidad Relativa (Dr)

Terzaghi y Peck (1967) dieron una descripción cualitativa de la densidad relativa (Dr) de la arena, el cual se relaciona entre el número de penetración estándar N del SPT, con el estado de compactación en la que se encuentra el suelo, según se muestra en la Tabla 10, siendo esta hasta la actualidad utilizada como guía preliminar en un estudio para tener una idea sobre la capacidad natural In Situ del suelo.

**Tabla 10**

*Descripción cuantitativa de la densidad relativa basado en Terzaghi y Peck*

Número de penetración estándar, N	Densidad Relativa, Dr
0 - 4	Muy suelta
4 -10	Suelta
10 - 30	Mediana
30 – 50	Densa
Mayor de 50	Muy densa

*Nota.* N es el número de golpes obtenidos del ensayo en campo. Adaptado de *Correlations of soil and rock properties in Geotechnical Engineering* (pp. 94)



Meyerof (1957) proporcionó una correlación entre la Densidad Relativa  $D_r$  y  $N$ , los cuales, según Jay et al. (2025) da estimaciones bastantes buenas para arenas limpias y medianamente finas.

$$D_r(\%) = 20.4 \left( \frac{N}{0.7 + \frac{\sigma'_o}{Pa}} \right)^{0.5}$$

Según Gibbs y Holtz (1957) realizaron una variación de la densidad relativa ( $D_r$ ) con el número de golpes  $n$  y el  $\frac{\sigma'_o}{Pa}$  siendo el siguiente:

$$D_r(\%) = \left[ \frac{(N_1)_{60}}{60 + 25 \log D_{50}} \right]^{0.5} \times 100$$

Donde:

$D_{50}$  = Tamaño medio (mediana) mm

Marcuson y Bieganousky (1977), proporcionaron en base a su experiencia en su investigación científica lo siguiente:

$$D_r(\%) = 11.7 + 0.76 (222N_F + 1600 - 53\sigma'_v - 50 C_u^2)^{0.5}$$

Donde:

$D_r$  = Densidad Relativa

$N_F$  = Número de golpes del SPT en el campo

$\sigma'_v$  = Esfuerzo efectivo vertical (lb/pulg<sup>2</sup>)

$C_u$  = Coeficiente de uniformidad de las arenas

Por otro lado, Gibbs y Holts (1957), describe lo siguiente:

$$D_r = \left\{ \left[ 1.5 \left( \frac{N}{F} \right)^{0.222} \right] - 0.6 \right\}$$

Donde:

$$F = 0.0065 \sigma_{vo}^2 + 1.68 \sigma_{vo} + 14$$

$\sigma_{vo}$  en Ton/m<sup>2</sup>

### 2.2.3.2. Correlación del valor N del SPT y Dr con el Angulo de Fricción Interna ( $\phi$ )

Existen diversas correlaciones disponibles en la literatura para obtener el valor aproximado del ángulo de fricción ( $\phi$ ) mediante el número de penetración estándar. Meyerhof (1959) fue uno de los primeros en sugerir la correlación entre N, Dr y  $\phi$ , los cuales son independientes de la presión de sobrecarga efectiva, proponiendo las siguientes relaciones entre el ángulo de fricción  $\phi$  y la Dr para suelos granulares:

$$\Phi = 25^\circ + 0.15Dr, \text{ cuando } >5\% \text{ arena fina y limo}$$

$$\Phi = 30^\circ + 0.15Dr, \text{ cuando } <5\% \text{ arena fina y limo}$$

Donde:

La Densidad relativa (Dr) se expresa en %

### 2.2.4. Entre el Valor N del SPT y el Angulo de Fricción Interna ( $\phi$ )

En la Tabla 11, exhibe algunas relaciones propuestas por diversos autores que propusieron una correlación entre los parámetros efectivos del ángulo de fricción interna  $\phi$  en función del  $(N_1)_{60}$ , así mismo, se ha considerado que los equipos presentan una relación de energía de ER=60%.

**Tabla 11**

*Valores de Angulo de Fricción interna ( $\phi$ ) dados por diversos autores en función a  $(N_1)_{60}$ .*

Angulo de Fricción interna ( $\phi$ )	Autores
$27.1 + 0.3N - 0.00054N^2$	Wolff (1989)
$(0.3N)^{0.5} + 27$	Peck Hanson (1953)
$\sqrt{20N} + 20$	Hatanaka and Uchida (1996)
$\arctan\left(\frac{N}{32.5}\right)^{0.34}$	Schmertmann (1977)
$(12N)^{0.5} + 15$	Dunham (1954)
$20 + 3.5\sqrt{N}$	Muromachi (1974)
$26.7 + 0.36N - 0.0014(N)^2$	Peck et al. (1974)

*Nota.* Adaptado de Atala (2011) y July (2015)

### 2.2.5. Correlación con el DPL

Según Ulrich S. (2003), han demostrado una relación entre el número de golpes  $N_{10}$  del DPL y la densidad relativa de suelos arenosos. Esta relación se establece mediante la siguiente expresión:

$$I_D = a_1 + a_2 \log N_{10}$$

Donde:

$I_D$  = Densidad relativa en decimal

$a_1 + a_2$  = Coeficiente adimensionales (Ver Tabla 12)

$N_{10}$  = Número de golpes del DPL registrados en campo

**Tabla 12**

*Coeficientes Adimensionales  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$*

Clasificación de Suelos	Condición		Densidad Relativa		Coeficiente de Rigidez (v)	
	Coeficiente de uniformidad	Unidad de consistencia	$a_1$	$a_2$	$b_1$	$b_2$
Arena pobremente Graduada	$\leq 3$	---	0.15	0.260	71	214
Arena bien gradada y Gravas bien gradadas	$\geq 6$	---	---	---	---	---
Arcillas de baja plasticidad y Arcillas de mediana plasticidad	---	0.75 – 1.30	---	---	30	4

*Nota.* Los rangos descritos en la tabla son válidos para la densidad relativa  $3 \leq N_{10} \leq 50$ , así mismo para coeficientes de rigidez en arenas pobremente gradadas con DPL  $4 \leq N_{10} \leq 50$  y en Arcillas de baja y mediana plasticidad con DPL  $6 \leq N_{10} \leq 16$ . Adaptado de Atala (2011)

Vivar G. (1993) realizó comparaciones entre el SPT Vs el ensayo de DPL en suelos Arenas finas (SP) y arenas limosas (SM) con presencia de nivel freático obteniendo la siguiente correlación

$$n_{10} = N_{10}$$

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

#### ***Auscultación de Suelo***

La Auscultación del suelo mediante sonda es un proceso indirecto de exploración de suelos de cimentación. Consiste en la introducción perpendicular de una sonda, con el cual se podrá medir los parámetros de resistencia a la penetración.

#### ***Angulo de fricción***

Propiedad del suelo granular, el cual junto con la cohesión están relacionados a la resistencia del suelo. Utilizado para describir y caracterizar al suelo. El ángulo de fricción está ligado a la uniformidad, textura, forma y densidad relativa de las partículas. La información encontrada en ingeniería muestra que la mayoría de las arenas encontradas tienen un ángulo de fricción interna de 30 a 45°, pero en algunos casos se ha podido visualizar arenas uniformes muy sueltas el cual el ángulo de fricción puede ser más bajo.

#### ***Cohesión***

La atracción entre partículas del suelo, generada por fuerzas moleculares y películas de agua, se le conoce como cohesión del suelo. Esta cohesión puede según su contenido de humedad. Para suelos arcillosos la cohesión varía entre 0.25 a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> para los suelos limosos es muy poca la cohesión, en el caso de las arenas es casi nula.

#### ***Compacidad***

Propiedad del suelo relacionado a su capacidad de soportar cargas y resistir deformaciones. En la ingeniería se usa el termino compacidad al referirse al grado de densidad de un suelo o material granular, el cual se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo dejando más o menos vacíos entre ellos.

#### ***Contenido de Humedad***

El contenido de humedad para estudios geotécnicos se expresa en porcentaje siendo esta la relación que existe entre el peso del agua que contiene un suelo con el peso de su fase sólida.

Para el contenido de humedad se tiene la siguiente expresión:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots (6)$$

### ***Correlación***

Medida que indica el grado de relación entre dos variables. Es una técnica estadística que permite visualizar si hay una relación entre dos o más variables, pudiendo ser estas correlaciones positivas o negativas

### ***Densidad Relativa (Dr)***

La densidad de un suelo es difícil de interpretar, por lo que se define la densidad relativa de una arena a las condiciones más densas y más sueltas, designándola como Dr, y se define en términos de relación de vacíos:

$$Dr = \frac{e_{m\acute{a}x} - e}{e_{m\acute{a}x} - e_{min}}$$

Donde  $e_{m\acute{a}x}$  es la relación de vacíos de la arena en condición más suelta y  $e_{min}$  es la relación de vacíos correspondiente a la condición más densa posible.

Es una propiedad útil para clasificar en laboratorio las arenas y las gravas, así mismo en estudios de campo se utiliza para medir la relación de vacíos o densidad In- Situ.

### ***Relaciones Volumétricas y Gravimétricas en los Suelos***

El suelo volumétricamente se compone en tres fases, la primera es la fase sólida, el cual constituye el volumen de los sólidos, mientras que las fases líquidas y gaseosas comprenden el volumen de vacíos, así mismo el suelo en relación al peso comprende del peso de los sólidos, el peso del agua y el peso del aire, esta última siendo nula. Mediante los ensayos de laboratorio se pueden determinar el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secas en el horno y el peso específico relativo de los suelos, pero para el cálculo de las propiedades mecánicas de un suelo es necesario conocer y expresar de manera práctica las relaciones de tipo gravimétrico y volumétrico.

### ***Relación de Vacíos***

La relación de vacíos o Índice de poros se denomina a la relación del volumen de vacíos con el volumen sólido de un suelo.

Representado:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots (1)$$

Donde:

$e$  = Relación de vacíos

$V_v$  = Volumen de vacíos

$V_s$  = Volumen de sólidos

Para el cálculo de la relación de vacíos se debe considerar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio por lo cual se debe expresar con datos conocidos tales como la gravedad específica y el contenido de humedad.

### ***Grado de Saturación***

El Grado de saturación del suelo se expresa en porcentaje siendo este la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

$$G_s = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \% \dots (2)$$

Obteniendo

$$V_v = \frac{V_w}{G_s} \times 100 \% \dots (3)$$

$$G_s = \frac{W_s V_w}{V_s W_w} \dots (4) \quad \frac{V_w}{V_s} = \frac{G_s W_w}{W_s} \dots (5)$$

### ***Peso Específico Saturado***

Se considera como peso específico saturado a la relación del peso total de la muestra de suelo entre el volumen total de la muestra, expresada de la siguiente manera:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_T}{V_T}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_w} \dots\dots (9)$$

Donde:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s}$$

$$W_w = W W_s \dots\dots (10)$$

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} \dots\dots (11)$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} \dots\dots (12)$$

Reemplazando ecuación (10) en (12)

$$V_w = \frac{W W_s}{\gamma_w}$$

Reemplazando ecuación (10), (11) y (13) en (9)

$$\gamma_{sat} = \frac{(1 + W)\gamma_w G_s}{(1 + G_s W)}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s(1+W)}{(1+e)} \gamma_w \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

### ***Regresión Lineal***

Método matemático que relaciona la variable independiente “X” con la variable dependiente “Y” y un término aleatorio.

## CAPITULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Hipótesis Principal

- Existe una correlación entre los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT (Nspt) con los números de golpes del ensayo DPL (Ndpl) en los suelos saturados de Lurín.

### 3.2. Hipótesis Secundaria

- Las propiedades físicas permiten conocer las características del suelo en su condición saturada de la zona de estudio.
- Existe una relación entre el ensayo de Penetración Estándar SPT con la compacidad y el ángulo de fricción del suelo saturado en estudio.
- Existe una relación entre el ensayo de Auscultación con penetrómetro ligero de punta cónica (DPL) con la compacidad y el ángulo de fricción del suelo saturado en estudio.

### 3.3. Variables e Indicadores

#### *3.3.1. Variable Independiente*

Según Hernández et al. (2014), la variable independiente es la variable que se considera como supuesta causa dentro de la investigación, así mismo esta variable puede ser manipulada por el investigador. Se define como variable independiente a la Auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)

#### *3.3.2. Variable Dependiente*

Según Hernández et al. (2014), la variable dependiente no se manipula, esta variable se mide para observar el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre ella. Se define como Variable dependiente a los Ensayos de Penetración Estándar (SPT).



### **3.4. Operacionalización de las Variables**

En la Tabla 13, se muestra la operacionalización de variable, en la cual se describen las variables, se determina las dimensiones de la variable, indicadores e instrumentos utilizados en la presente investigación.

**Tabla 13***Operacionalización de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones de la variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
Ensayos de Penetración Estándar (SPT)	Ensayo de campo que se utiliza para determinar la resistencia a la penetración del suelo el cual se realiza mediante una perforación, desde la superficie del terreno a una profundidad definida. (Átala, 2011)	Profundidad  Números de golpe (N)	Propiedades mecánicas del suelo (ángulo de fricción, compacidad del suelo en arenas)  Propiedades físicas de caracterización del suelo	Equipo de Penetración estándar Ficha de Registro de Campo Fichas de Laboratorio
Auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)	Método de auscultación para estudios geotécnicos que permite estimar la resistencia del suelo mediante la generación de golpes. (Idriss and Boulanger, 2010)	Profundidad  Número de Golpes (n)	Propiedades mecánicas del suelo (ángulo de fricción, compacidad del suelo en arenas)	Equipo de Auscultación Ficha de Registro de Campo Fichas de Laboratorio
Propiedades mecánicas del Suelo	Relacionadas a la resistencia, deformidad y permeabilidad de un suelo; utilizados en la ingeniería para el diseño de cimentaciones. (Braja, 2015)	Características mecánicas del suelo natural	Angulo de Fricción Compacidad del suelo	Correlaciones Mediante Método estadístico Fichas de laboratorio

*Nota.* Elaboración propia

## CAPITULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Diseño de Ingeniería

El alcance de enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico (Hernández et al., 2014). La presente investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo, ya que para la investigación se recolectaron datos de los ensayos para probar la hipótesis, mediante un análisis estadístico.

Según Hernández et al. (2014) define como no experimental transversal a la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, por lo que solo se observa el fenómeno tal como se dan en su contexto natural, así mismo define transversal a la investigación que recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. La presente investigación tuvo como tipo de diseño no experimental transversal.

#### 4.1.1 Universo y Muestra de Investigación

##### 4.1.1.1. *Universo a Investigar*

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández (2014), como se citó en Lepkowski, (2008b)). En la presente investigación la población fueron los 510 m<sup>2</sup> del suelo de la Asociación San Vicente Parcela del Distrito de Lurín, Lima Perú.

##### 4.1.1.2. *Muestra*

La muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta, así mismo define como muestra no probabilística a que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación (Hernández et al., 2014). Para la presente investigación la muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico o dirigido, debido que se buscó ubicaciones estratégicas mediante un patrón de cuadrículas rectangulares del cual en la inspección de campo se estableció las ubicaciones, por lo que la muestra fueron los 02 ensayos de Penetración Estándar (SPT), las 03 Auscultaciones con Penetrómetro Ligero de punta cónica y las 03 calicatas realizados en suelos saturados tomados de la Asociación San Vicente Parcela.

#### **4.1.1.3. Diseño Estadístico**

En la presente investigación se realizó un total de 08 estudios, los cuales están conformados por 02 ensayos SPT, 03 ensayos DPL y 03 Calicatas. Los ensayos de campo y de laboratorio fueron realizados en la empresa INGMON SAC, el cual cuenta con una certificación ISO 9001, por lo que se garantiza la confiabilidad y validación que todos los procedimientos de los ensayos campo y de laboratorios se han regido estrictamente a las normativas peruanas vigentes.

Para el estudio se ha recolectado 22 datos de  $N_{SPT}$  y  $N_{DPL}$ , los cuales están conformados por los números de golpes de los ensayos SPT y DPL Vs la profundidad de penetración,

Para el proceso estadístico se utilizó el Método de los mínimos cuadrados de cada uno de los ensayos versus la profundidad. Para los ensayos de SPT se corrigieron los valores de los números de golpes según el marco teórico descrito en las bases teóricas, obteniendo los valores del  $N_{60}$ .

#### **4.1.1.4. Regresión Lineal Simple**

Según Montgomery (2006), a la asociación de las variables “X” e “Y” se le denominará regresión, el cual consiste en determinar la relación en la recta de regresión. Para la definición de la variable dependiente y la variante independiente, se considerará lo siguiente:

X = Variable Independiente (Se mide para determinar su relación con el fenómeno)

Y = Variable Dependiente (variable respuesta)

Por lo tanto, en una regresión Lineal simple se explica la relación que existe entre la variable dependiente “Y” y la variable independiente “X”.

Luego, para la asociación entre las variables se realizará la correlación, el cual consiste en determinar la variación de las dos variables, su nivel de relación y sentido, este puede ser positivo o negativo. Con el Coeficiente o índice de correlación es el nivel de relación, por otro lado, al coeficiente de determinación se le denomina al cuadrado de índice de correlación.

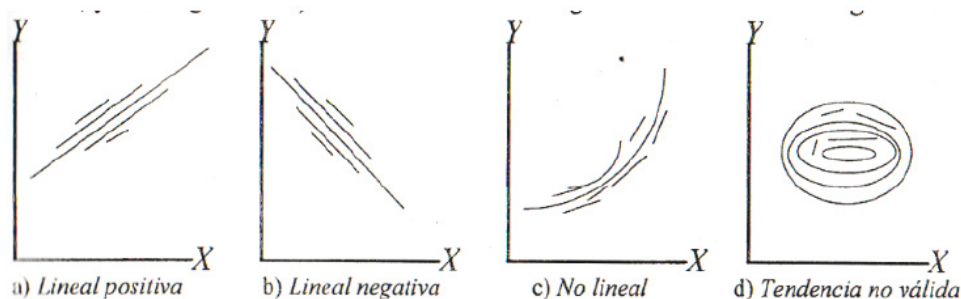
#### 4.1.1.5. Gráfica de Dispersión y Obtención de datos

Según Montgomery (2006), para la obtención de datos debemos considerar que estos se basan en los “n” datos en pareja siendo estos  $(X, Y)$ ,  $(X_2, Y_2)$ , .....  $(X_n, Y_n)$ , los cuales corresponden a las variables  $(X, Y)$ ; donde los  $X_i$  son los valores de la variable independiente  $X$  y  $Y_i$  son los valores de la variable dependiente  $Y$ .

Mediante los diagramas de dispersión es posible visualizar el tipo de relación existente entre las variables estudiadas, al analizar la gráfica en el plano cartesiano  $X_i$  y  $Y_i$ .

#### Figura 4

Diagrama de dispersión – Tendencia



Nota. Las gráficas muestran las tendencias de la relación de las dos variables. Tomado de Atala (2011)

#### 4.1.1.6. La Covarianza

Montgomery D. (2006), indica que la covarianza es la estadística que mide el nivel de dispersión conjunta de los datos de las variables  $X$ ,  $Y$  con respecto a sus medias respectivas.

La covarianza de “n” de una variable bidimensional es el número real, el cual se denota por “Cov xy” definiéndose como la media aritmética de los productos de las desviaciones conjuntas de los datos con respecto a sus correspondientes medidas. El cual se describe en lo siguiente:

$$Cov_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

El numerador de la covarianza puede ser expresada mediante el  $S_{xy}$ , el cual puede relacionarse de la siguiente manera:

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}$$

Por lo tanto:

$$Cov_{xy} = \frac{S_{xy}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n} - \bar{x}\bar{y}$$

La covarianza puede ser negativa a diferencia de la varianza.

### ***Coefficiente o Índice de Correlación lineal de Pearson***

Es el número abstracto o relativo R que se calcula mediante

$$R = \frac{Cov}{s_x s_y}$$

Donde:

$s_x$  = Desviación estándar de X

$s_y$  = Desviación estándar de Y

Siendo el coeficiente de correlación de la muestra un número real que está entre -1 y +1, el cual se representa de acuerdo el siguiente rango:

$$-1 \leq R \leq 1$$

Vargas (1995), analiza los posibles valores del coeficiente de correlación lineal de Pearson, de los cuales llega a lo siguiente:

Si  $0 < R < 1$ , la correlación es positiva, siendo más fuerte cuando R se acerca a 1

Si  $-1 < R < 0$ , la correlación es negativa, siendo más fuerte cuando R se acerca a -1.

Cuando  $R=1$  o  $R=-1$ , existe una relación de dependencia funcional. En ambos casos, se considera que la correlación es perfecta.

Por lo tanto, si  $R=1$ , las dos variables varían en la misma dirección y la correlación es positiva perfecta. Si  $R=-1$ , las variables varían en direcciones opuestas y la correlación es negativa perfecta. Cuando  $R = 0$ , no hay ninguna dependencia, lo que significa que la relación entre  $Y$  con  $X$  no proporcionan ninguna explicación sobre  $Y$ . Por lo tanto, se dice que no hay correlación.

### ***Regresión lineal Simple***

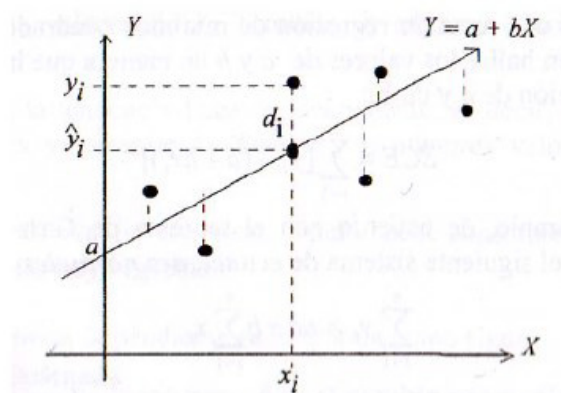
Teniendo la muestra de “n” datos, y eligiendo una de las variables como independiente y representados los valores de la variable bidimensional, así se habla de una Regresión Lineal cuando observamos que la función se adapta a la forma de la nube de puntos es una recta. En la investigación se elige a  $X$  como la variable independiente, por lo que tendremos la recta de regresión de  $Y$  sobre  $X$ , por lo que la regresión lineal simple consiste en obtener la ecuación de la recta:

$$Y = a + bX$$

Donde la ordenada al origen “a” y la pendiente “b”, también llamados coeficientes de regresión, son constantes desconocidas.

### **Figura 5**

*Desviaciones de valores observados*



*Nota.* Tomado de Atala (2011), se muestra los valores de  $Y$  dado  $X$ , que mejor se ajuste a los valores de la muestra, por lo que se llama regresión al proceso de predecir y analizar la validez de  $Y$  dado  $X$ .

Para la presente investigación, el método utilizado fue el método de los mínimos cuadrados, con el cual se determinó la recta que mejor se ajuste a los datos de la muestra a y b.

### ***Recta de Regresión de Mínimos cuadrados***

Según Vargas (1995), indica que el método de mínimos cuadrados consiste en determinar los parámetros de los valores a y b de manera que la suma sea mínima.

Por lo tanto, la recta de regresión de mínimos cuadrados de Y en X es aquella que forma mínima la suma de los cuadrados de los residuos o errores (SCE) expresándose de la siguiente manera:

$$SCE = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \check{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

Para que resulte una función de a y b se expresa en lo siguiente:

$$SCE = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2$$

Según el teorema de Gauss – Márkov los valores de a y b se determinan resolviendo el sistema de ecuaciones normales, el cual se expresa al igualar a cero las derivadas de SCE:

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Por lo tanto, al resolver el sistema de las ecuaciones normales para b se obtiene la siguiente ecuación:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Por lo que al dividir la expresión por n la primera ecuación normal se expresa:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

### ***Datos de los Valores de Campo y Rectas de Regresión***

Para la presente investigación se han procesado los datos obtenidos en campo con la finalidad de obtener la recta de regresión ajustada por mínimos cuadrados de los valores del ensayo del SPT versus su profundidad, por lo que los valores utilizados del SPT son los valores corregidos  $(N_1)_{60}$ , con el cual se estableció la correlación con el ensayo de DPL.



## 4.2. Técnicas y Herramientas Estadísticas

Para la obtención de datos se empleó la técnica de recolección de datos, de los ensayos en campo y laboratorio, los cuales se registraron en las Fichas de laboratorio de Contenido de humedad, límites de consistencia, densidad de campo y en las Ficha registro de campo para los ensayos DPL y SPT.

Se emplearon formatos como instrumentos para el recojo de la información sobre las dos sub variables del trabajo de investigación.

### *Instrumento 1: Ficha de Laboratorio*

Para el recojo de información sobre las propiedades físicas del suelo se utilizó la ficha de laboratorio de la empresa INGMON. La ficha de laboratorio 1 está conformado por los ensayos de laboratorio para obtención de resultados del Análisis granulométrico, contenido de humedad, limite líquido y limite plástico, con la finalidad de clasificar el suelo y recopilar las características físicas del suelo. Los instrumentos se muestran en los Anexos.

Cada una de las fichas presentadas cuentan con firma y sello de un Ingeniero civil colegiado, por lo que se garantiza la confiabilidad y validación que todos los procedimientos de toma de muestra de campo y los ensayos de laboratorios se han regido estrictamente a las normativas peruanas vigentes, las cuales son:

- Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127.
- Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128
- Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129

### *Instrumento 2: Ficha de Registro de Campo*

Se utilizó la ficha de laboratorio 2 para el recojo de datos referente a los parámetros  $N_{STP}$  y  $N_{DPL}$  en el cual se encuentran los indicadores de Resistencia a la penetración estándar (SPT) y el ensayo normalizado para la Auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL) el cual nos permitió conocer el número de golpes  $N$  de penetración. Los instrumentos se muestran en los Anexos.

Cada una de las fichas presentadas cuentan con firma y sello de un Ingeniero civil colegiado, por lo que se garantiza la confiabilidad y validación que todos los procedimientos de toma de muestra de campo se han regido estrictamente a las normativas peruanas vigentes, las cuales son:

- Suelos. Método de ensayo de penetración estándar SPT NTP 339.133
- Suelos. Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL) NTP 339.159

La herramienta estadística utilizada en la investigación es el Diagrama de dispersión, que permitió analizar la relación entre dos variables. Se dice que existe una correlación entre ambas cuando, al aumentar el valor de una variable (x), el valor de la otra variable (y) aumenta proporcionalmente, lo que se conoce como correlación positiva. De lado contrario, si al aumentar el valor de una variable o en el caso contrario si cada vez que aumenta el valor de la variable (x), el valor de la otra variable (y) disminuye en proporción se le conoce como correlación negativa.

## CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 5.1. Descripción del Proceso de Exploración en Campo

Para alcanzar el objetivo de esta investigación se realizó la exploración en campo, el cual consistió en la ejecución de 02 ensayos SPT, los cuales fueron ubicados estratégicamente dentro de la zona de estudio, así mismo se realizaron 03 ensayos DPL, ubicados dentro de un rango aceptable de los puntos de SPT, ambos ensayos con la finalidad de obtener los parámetros N y n.

Para determinar las características físicas del suelo en estudio se han realizado 03 calicatas, y 02 ensayos SPT el cual permitió observar directamente la estratigrafía del terreno. En la Tabla se muestra un resumen de las exploraciones del estudio ejecutados en campo

**Tabla 14**

*Relación de exploraciones de campo*

Calicata	Prof. (m)	Nivel Freático (m)	Número de muestras
C-01	1.8	1.8	M-01, M-02
C-02	1.8	1.8	M-01, M-02
C-03	1.8	1.8	M-01, M-02
SPT - 01	5	1.8	SPT01, SPT2, SPT3, SPT4, SPT5
SPT - 02	5	1.8	SPT01, SPT2, SPT3, SPT4, SPT5
DPL - 01	4	1.8	-
DPL - 02	4	1.8	-
DPL -03	4	1.8	-

*Nota.* Elaboración propia.

#### 5.1.1. Exploración con Calicatas

Las 03 calicatas se realizaron a cielo abierto mediante excavación manual; el cual estuvo conformado por 02 operarios, utilizando picos, barretas y lampas. Con la finalidad de extraer

muestras alteradas e inalteradas para obtener las propiedades físicas del suelo en el laboratorio, así como obtener una visualización directa de la estratigrafía.

En el proceso de ejecución se llegó hasta 1.80m de profundidad debido a la presencia de nivel freático. Posteriormente se procedió con la recuperación de muestra alteradas e inalteradas representativas de cada estrato y calicata, las cuales fueron identificadas y almacenadas en bolsas herméticas y sacos de polipropileno, con la finalidad de conservar la humedad natural del suelo.

### ***Figura 6***

*Calicata 01 (C-01) Extracción de muestras*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 7**

*Toma de medida del nivel freático C-01*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 8**

*Proceso de excavación Calicata 02 (C-02)*



*Nota.* Elaboración propia.

## Figura 9

*Visualización de nivel freático en Calicata 03 (C-03)*



*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 15, se detalla la profundidad de los estratos y reporte obtenido en campo

**Tabla 15**

*Reporte de Calicatas realizadas en campo*

Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS
C-01	M-01	0.30-1.40	ML
C-01	M-02	1.40-1.80	SC
C-02	M-01	0.20-1.35	CL
C-02	M-02	1.35-1.80	SC
C-03	M-01	0.30-1.35	CL
C-03	M-02	1.35-1.80	SC

*Nota.* Elaboración propia.

**Calicata C-1.**

Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.30m de color marrón oscuro y de ligera humedad. Posterior, se encuentra un estrato desde los 0.30m hasta 1.40m compuesto por limo de baja plasticidad, color marrón claro, de ligera humedad. Este estrato presenta finos ligeramente plástico y una compacidad media, sin la presencia de gravas. A la profundidad excavada no se ha encontrado nivel freático.

El estrato subyacente, que extiende desde los 1.40 m hasta 1.80 m, está compuesto por arena arcillosa color marrón oscuro, con alta humedad y presencia de finos plásticos, sin presencia de bolonería.

A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.

**Calicata C-2.**

Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.20m de color marrón oscuro y de ligera humedad. Posterior, se encuentra un estrato desde 0.20m hasta 1.35m compuesto por arcilla limosa color marrón claro, de ligera humedad. Este estrato presenta finos ligeramente plásticos y una compacidad media, sin la presencia de gravas. A la profundidad excavada no se ha encontrado nivel freático.

El estrato subyacente, que extiende desde los 1.35m hasta 1.80m, está compuesto por arena arcillosa color marrón oscuro, de alta humedad y presencia de finos plásticos, sin presencia de botonería.

A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.

**Calicata C-3.**

Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.30m de color marrón oscuro y de ligera humedad. Posterior, se encuentra un estrato desde 0.30m hasta 1.30m compuesto por arcilla limosa color marrón claro, de ligera humedad, con presencia de finos plásticos y compacidad media, sin la presencia de gravas. A la profundidad excavada no se ha encontrado nivel freático.

El estrato subyacente, que extiende desde los 1.30m hasta 1.80m, está compuesto por arena arcillosa color marrón oscuro, de alta humedad y presencia de finos ligeramente plásticos, sin presencia de botonería.

A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.

La estratigrafía de las calicatas se encuentra anexada al final de la presente investigación.

### ***5.1.2. Exploración con SPT***

Se realizaron dos puntos de exploración, con el equipo de la Empresa Ingmon S.A.C, ubicados estratégicamente en el área de estudio, los cuales permitieron determinar las características de resistencia y compresibilidad del suelo.

El procedimiento consistió en evaluar la ejecución de la perforación y ejecución del muestreo debido a que se requería obtener las muestras inalteradas para el desarrollo de los ensayos de laboratorio y con ello obtener la caracterización y propiedades del suelo; por ello se optó por realizar la perforación con barras y recuperar las muestras con la caña partida.

Para la ejecución del ensayo se contó con el equipo SPT.

#### **Equipo de Penetración Estándar SPT.**

01 trípode con base de acero 6m de altura

07 acoples rosca AW

01 polea con gancho

06 barras de perforación AW de 1.5m de largo

01 muestreador de caña partida

01 martillo con asa de 63.5 kg

01 yunque (contrapesa)

02 atrapa muestra de arena

01 soga cabuya de 1" de espesor por 15 m de largo

01 soga cabuya de 1" de espesor por 2m de largo



01 motor a gasolina 5HP

Los equipos y herramientas son establecidas en la NTP 3390133.199 (revisada el 2019).

- a. Personal: 01 operario, 02 ayudantes y tesista.
- b. Equipo de protección personal: 04 cascos, 04 chalecos, 04 protectores auditivos, 04 botas de seguridad, guantes de seguridad.
- c. Herramientas: Las herramientas complementan el trabajo, utilizadas para el armado y desarmado del equipo, así como para la toma de medidas. Entre ellas se utilizó 02 llaves stilson de 24", 02 llaves stilson de 18", 02 llaves stilson de 14", llaves inglesas de diferentes medidas, juego de llaves hexagonales, comba de 8lb, alicate, pala pequeña, rollo de alambre N°16, soga nylon ½ pulgada de espesor y 10 m de largo, grilletes para soga de 1", Barretas y wincha.
- d. Equipos Accesorio: Utilizado para la identificación de las muestras obtenidas en el ensayo, tales como: membretes de identificación, bolsas herméticas, tizas, trapo industrial, pizarra pequeña, plumones, lapiceros, hojas, cepillo cerda de metal, waipe y tabla de registro.

### Figura 10

*Equipo y herramientas utilizadas en el ensayo SPT*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 11**

*Barras guías y caña partida*



*Nota.* Elaboración propia.

El procedimiento de muestreo y ensayo consistió primero en ubicar los 02 puntos establecidos previamente, luego se procedió con el armado del equipo para ello se realizó lo siguiente:

**Armado del Trípode y Colocación del Motor.**

Se fijan las tuberías del trípode con la base; antes de levantar el trípode se asegura la polea y se pasa la soga cabuya. Finalmente se coloca el motor en una de las patas del trípode.

**Armado del Martillo.**

Se inserta la soga cabuya de 1", de 2m de longitud aproximadamente, entre las orejas de la pesa ajustando con alambre ambos extremos, posterior se colocan los grilletes, según imagen xx. Antes de levantar la pesa e iniciar con los trabajos se debe verificar que los pernos de los grilletes estén correctamente ajustados.

## Figura 12

### *Armado del martillo*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Armado de Tubería con Rosca AW con las Uniones Universales (Acoples AW).**

Utilizando las llaves stilson se realiza la unión de las tuberías AW con los Acoples, con la escobilla cerda de metal se realiza previamente la limpieza en los acoples y tuberías. De acuerdo a la profundidad de perforación se irá armando la tubería.

### **Armado de la Caña Partida.**

Se asegura la caña partida con la tubería mediante acople, posterior se realiza marcas de 15cm haciendo un total de 45cm. Antes de iniciar la perforación se revisa que se pueda visualizar las marcas.

Antes de iniciar con el ensayo se realiza el sondaje hasta la profundidad del muestreo, en el caso de la investigación se llega a la profundidad de 1m para iniciar con el ensayo.

Para ejecución del ensayo se procede a colocar la caña partida y la tubería, previamente marcadas en tres incrementos sucesivos de 15cm haciendo un total de 45cm, posterior se coloca en la parte superior de las barras de perforación, el martillo junto con el yunque y la guía del martillo, este último deberá ser marcado a una distancia de 76cm el cual permite al operador visualizar la altura de caída del martillo. Se procedió con el hincado de las barras con golpes de martillo de 63.5 kg, dejado caer a una altura de 76cm sin impedimento, se cuentan los números de

golpes aplicado a cada incremento de 15cm hasta penetrar el suelo durante cualquiera de los tres incrementos de 15cm hasta un total de 50 golpes o no observar ningún avance del muestreador durante la penetración de 10 golpes sucesivos con el martillo o completar los 45 cm de perforación con el muestreador. Se debe registrar los números de golpes requeridos para alcanzar los 45cm de penetración, siendo los primero 15cm el acomodamiento y la suma de los números de golpes del segundo y tercer incremento los valores de N (Resistencia a la penetración estándar). El procedimiento para a salida y bajada del martillo de 63.5kg se ejecutó mediante el uso del yunque y la soga.

Finalmente se lleva el muestreador a la superficie, abriéndolo para realizar las anotaciones y registros de las características en campo; las cuales consistieron en describir las muestras de suelo recuperadas, tales como su color, olor, condición, humedad, plasticidad y composición, para luego colocar la muestra en una bolsa hermética sellándolo en su totalidad para evitar la pérdida de humedad, se etiquetó indicando el número de sondaje y la profundidad.

### **Figura 13**

*Proceso de ensayo con equipo SPT*



*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 14**

*Extracción de barras guías y caña partida*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 15**

*Visualización de muestra a profundidad 5:00-5:45 m de SPT 01*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 16**

*Visualización de muestra a profundidad 1:00-1:45 m de SPT 02*



*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 16, se muestra el reporte obtenidos de los ensayos SPT

**Tabla 16.**

*Reporte de número de golpes en campo de SPT 01*

PROFUNDIDA D (m)	GOLPES 30(cm) N	MUESTRA PROF.	GOLPES/45(cm)		
			N <sub>15</sub> (0-15)	N <sub>30</sub> (35-30)	N <sub>45</sub> (30-45)
1	7	1.00-1.45	5	4	3
2	3	2.00-2.45	4	2	1
3	12	3.00-3.45	5	5	7
4	24	4.00-4.45	12	14	10
5	30	5.00-5.45	13	13	17

*Nota.* Elaboración propia.

#### Ensayo SPT 01 (1.00 – 1.45 m)

A partir de 1.00 m de profundidad se evaluó la resistencia del suelo, obteniendo un valor de resistencia  $N = 7$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arcilla de baja plasticidad (CL), color marrón oscuro con una consistencia media, presencia ligera de humedad y plasticidad.

#### Ensayo SPT 01 (2.00 – 2.45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 2.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N = 3$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa (SM), color marrón claro, con una compacidad muy suelta, presencia ligera de humedad y plasticidad.

#### Ensayo SPT 01 (3.00 – 3:45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 3.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N = 12$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa color marrón claro, con una compacidad firme presencia ligera de humedad y plasticidad. Se apreció un lente de arcilla color plomo a 2.80m.

#### Ensayo SPT 01 (4.00 – 4:45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 4.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N = 24$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa color marrón oscuro, con una compacidad muy firme presencia ligera de humedad y plasticidad.

#### Ensayo SPT 01 (5.00 – 5:45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 5.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N = 30$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa color gris oscuro, con una compacidad muy firme presencia ligera de humedad y plasticidad.

**Figura 17**

*Visualización de muestra a profundidad 1:00-1:45 m de SPT 01*



*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 17**

*Reporte de número de golpes en campo de SPT 02*

PROFUNDIDAD (m)	GOLPES 30(cm) N	MUESTRA PROF.	GOLPES/45(cm)		
			N <sub>15</sub> (0-15)	N <sub>30</sub> (35-30)	N <sub>45</sub> (30-45)
1	6	1.00-1.45	4	3	3
2	3	2.00-2.45	1	1	2
3	28	3.00-3.45	13	12	16
4	38	4.00-4.45	11	18	20
5	47	5.00-5.45	15	22	25

*Nota.* Elaboración propia.

Ensayo SPT 02 (1.00 – 1.45 m)

A partir de 1.00 m de profundidad se evaluó la resistencia del suelo, obteniendo un valor de resistencia  $N = 6$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta un limo de baja plasticidad (ML), color marrón oscuro con una compactidad media, presencia ligera de humedad y plasticidad.

Ensayo SPT 02 (2.00 – 2.45 m)



La evaluación se realizó a partir de los 2.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N= 3$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa (SM), color marrón claro, con una compacidad muy suelta, presencia ligera de humedad y plasticidad.

Ensayo SPT 02 (3.00 – 3.45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 3.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N= 28$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa (SM), color marrón claro, con una compacidad muy firme, presencia ligera de humedad y plasticidad.

Ensayo SPT 02 (4.00 – 4.45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 4.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N= 38$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena limosa (SM), color marrón claro, con una compacidad densa, presencia ligera de humedad y plasticidad.

Ensayo SPT 02 (5.00 – 5.45 m)

La evaluación se realizó a partir de los 5.00m de profundidad, obteniendo un valor de resistencia  $N= 47$ , así mismo se realizó la caracterización visual del suelo siendo esta una arena pobremente gradada con limo (SP-SM), color marrón oscuro, con una compacidad densa, presencia ligera de humedad y plasticidad.

## Figura 18

*Visualización de muestra a profundidad 2:00-2:45 m de SPT 02*



### 5.1.3. Exploración con DPL

Se realizaron tres puntos de exploración, con el equipo de la Empresa Ingmon S.A.C, ubicados estratégicamente en el área de estudio, dentro de un radio de 15m de las exploraciones de SPT 01 y SPT 02, con la finalidad de obtener los parámetros (n) y poder correlacionarlos con los parámetros de los ensayos SPT(N). Según la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones prohíbe ejecutar el ensayo en el fondo de excavaciones y prohíbe emplear este ensayo a profundidades mayores de 3.00 metros, con fines de investigación se realizó hasta una profundidad de 5.30 metros.

Para la ejecución del ensayo se contó con los siguientes Equipos:

a. Equipo de Penetración Dinámica Ligera DPL:

01 martillo 10kg

01 punta cónica para arena de 34,0mm de diámetro.

05 varilla de sondaje 1m c/u, marcadas con 10cm de espaciamiento.

Todos los equipos según la NTP 339.159 2001(revisada el 2015).

b. Personal: Se contó con el apoyo de 02 operarios y tesista.

c. Herramientas: Las herramientas complementan el trabajo, utilizadas para el armado y desarmado del equipo, así como para la toma de medidas. Entre ellas se utilizó Llaves inglesas de diferentes medidas, wincha, tizas, plumones y pizarra.

El procedimiento consistió en armar el equipo, introduciendo al suelo la varilla de punta cónica para la penetración, la cual mediante golpes generados por el martillo de 10kg, dejado caer a una altura de 50cm de manera perpendicular, permite penetrar a la varilla cada 10 cm iniciando el conteo de los números de golpes (n). Según lo mencionado inicialmente se llegó a la profundidad de 5.5m, obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 18**

*Reporte de DPL-01*

Prof. (m)	Ndpl	Prof. (m)	Ndpl	Prof. (m)	Ndpl	Prof. (m)	Ndpl	Prof. (m)	Ndpl	Prof. (m)	Ndpl
0.10	4	1.1	4	2.1	3	3.1	10	4.1	20	5.1	25
0.2	3	1.2	6	2.2	3	3.2	12	4.2	24	5.2	26
0.3	4	1.3	4	2.3	3	3.3	12	4.3	20	5.3	33
0.4	4	1.4	5	2.4	2	3.4	12	4.4	23	5.4	33
0.5	4	1.5	3	2.5	3	3.5	18	4.5	16	5.5	38
0.6	3	1.6	4	2.6	7	3.6	10	4.6	18	5.6	R
0.7	3	1.7	4	2.7	7	3.7	15	4.7	20		
0.8	4	1.8	3	2.8	7	3.8	18	4.8	20		
0.9	4	1.9	4	2.9	8	3.9	12	4.9	24		
1	6	2	2	3	8	4	25	5.0	26		

**Tabla 19***Reporte de DPL-02*

Prof.	(m)	Ndpl	Prof.	(m)	Ndpl	Prof.	Ndpl	Prof.	Ndpl	Prof.	Ndpl	Prof.	Ndpl
						(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.10		3	1.1		5	2.1	4	3.1	10	4.1	18	5.1	23
0.2		2	1.2		5	2.2	4	3.2	9	4.2	22	5.2	30
0.3		3	1.3		2	2.3	2	3.3	6	4.3	16	5.3	26
0.4		4	1.4		6	2.4	3	3.4	5	4.4	18	5.4	26
0.5		3	1.5		6	2.5	9	3.5	8	4.5	15		
0.6		4	1.6		7	2.6	13	3.6	12	4.6	13		
0.7		4	1.7		7	2.7	10	3.7	10	4.7	22		
0.8		4	1.8		7	2.8	15	3.8	19	4.8	26		
0.9		4	1.9		2	2.9	13	3.9	22	4.9	28		
1		5	2		4	3	15	4	20	5.0	23		

**Tabla 20***Reporte de DPL-03*

Prof.	(m)	Ndpl	Prof.	(m)	Ndpl	Prof	Ndp	Prof	Ndp	Prof	Ndp	Prof	Ndp
						.	1	.	1	.	1	.	1
						(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.10		4	1.1		4	2.1	4	3.1	12	4.1	25	5.1	26
0.2		3	1.2		4	2.2	4	3.2	13	4.2	18	5.2	19
0.3		4	1.3		5	2.3	4	3.3	15	4.3	18	5.3	20
0.4		3	1.4		6	2.4	3	3.4	13	4.4	16	5.4	22
0.5		3	1.5		6	2.5	8	3.5	22	4.5	22	5.5	33
0.6		3	1.6		5	2.6	11	3.6	23	4.6	31		
0.7		4	1.7		6	2.7	11	3.7	25	4.7	31		
0.8		3	1.8		5	2.8	11	3.8	23	4.8	32		
0.9		4	1.9		5	2.9	12	3.9	23	4.9	26		
1		4	2		3	3	12	4	22	5.0	26		

**Figura 19**

*Visualización el ensayo de DPL- 02*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 20**

*Equipo DPL*



*Nota. Elaboración propia.*

#### 5.1.4. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Ingmon S.A.C, empresa que prestó sus instalaciones para realizar los ensayos de esta investigación. La finalidad de ensayar las muestras obtenidas en los trabajos de campo realizados, son de clasificar las muestras de suelo, determinando las características físicas y mecánicas del suelo, según los objetivos trazados en esta investigación.

Los ensayos de laboratorio fueron ejecutados de acuerdo a las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP), los cuales se detallan en la Tabla 21:

**Tabla 21**

*Ensayos de Laboratorio*

Descripción	Norma Aplicable
Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)	ASTM D2487
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis	ASTM D6913
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils	ASTM D4318
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS).	NTP 339.134
SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite Plástico e índice de plasticidad de suelos	NTP 339.129

SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo NTP 339.131

SUELOS. Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos cohesivos NTP 339.166

---

*Nota.* Adaptado de la E.050, Suelos y Cimentaciones (2018)

Los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran detallados en las Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24y Tabla 25:

**Tabla 22**

*Ensayos Estándar para la clasificación de suelos – calicatas*

Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Ensayos Estándar						
				C.H (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)
C-01	M-01	0.0-1.4	ML	25.69	32	24	8	2.7	10.1	87.2
C-01	M-02	1.4-1.8	SC	45.27	28	19	10	2.1	60.7	37.3
C-02	M-01	0.20-1.35	CL	34.45	35	24	11	1.5	3.3	95.2
C-02	M-02	1.35-1.80	SC	43.85	30	21	9	1.2	53.5	45.3
C-03	M-01	0.30-1.35	CL	33.85	34	23	11	2.1	3.6	94.3
C-03	M-02	1.35-1.80	SC	43.68	29	20	9	1.3	53.7	45

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 23***Compresión Triaxial CU – consolidada no drenada*

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>Prof. (m.)</b>	<b>SUCS (Muestra global)</b>	<b>C (kPa)</b>	<b><math>\phi'</math> (°)</b>
C-01	M-2	1.8	SC	0.10	30.5

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 24***Ensayos Estándar para la clasificación de Suelos – SPT 01*

	<b>Muestra</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>SUCS</b>	<b>Gs</b>	<b>Y (Tn/m3)</b>	<b>Ensayos Estándar</b>							
						<b>e</b>	<b>C.H (%)</b>	<b>LL (%)</b>	<b>LP (%)</b>	<b>IP (%)</b>	<b>Grava (%)</b>	<b>Arena Fino (%)</b>	
	M-01	1.00-1.45	CL	2.65	1.70	-	25.00	30	21	9	1.5	11.2	87.3
<b>SPT 01</b>	M-02	2.00-2.45	SM	2.68	2.14	0.48	17.85	NP	NP	NP	0	73.3	28.7
	M-03	3.00-3.45	SM	2.65	2.10	0.50	18.76	NP	NP	NP	0	85.7	14.3
	M-04	4.00-4.45	SM	2.65	1.99	0.67	25.3	NP	NP	NP	0.3	66.4	33.3
	M-05	5.00-5.45	SM	2.70	2.08	0.57	21.23	NP	NP	NP	0.3	83	16

*Nota.* Elaboración propia.



**Tabla 25***Ensayos Estándar para la clasificación de Suelos – SPT 02*

Muestra	Prof. (m)	Ensayos Estándar										
		SUCS	Gs	Y (Tn/m3)	e	C.H (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)
M-01	1.00- 1.45	ML	2.65	1.69	-	25.82	38	28	11	1.3	10.4	88.4
<b>SPT 02</b> M-02	2.00- 2.45	SM	2.67	2.11	0.50	18.88	NP	NP	NP	0	65.8	34.2
M-03	3.00- 3.45	SM	2.65	2.10	0.50	18.91	NP	NP	NP	0	82.1	17.9
M-04	4.00- 4.45	SM	2.65	1.97	0.69	26.13	NP	NP	NP	4.6	80.4	15
M-05	5.00- 5.45	SP SM	2.68	2.07	0.58	21.5	NP	NP	NP	0.1	89.6	10.3

*Nota.* Elaboración propia.

## CAPÍTULO 6. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Cálculo de la Relación de Vacíos y Peso Específico Saturado

La Tabla 26, presenta en detalle los resultados del cálculo de la relación de vacíos ( $e$ ) y el Peso específico saturado ( $\gamma_s$ ), necesarios para los cálculos de las correcciones del N del SPT.

**Tabla 26**

*Resultados del Cálculo de Relación de vacíos ( $e$ ) y el Peso específico Saturado ( $\gamma_s$ ) del SPT 01*

	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Gs	2.65	2.68	2.65	2.65	2.7
Vm	47.36	41.68	46.83	44.01	43.47
$\gamma_m$	1.7	1.72	1.72	1.73	1.72
Wm	80.51	71.69	80.55	76.14	74.77
W%	25.00	17.85	18.76	25.3	21.23
W	0.25	0.1785	0.1876	0.253	0.2123
Ws	64.41	60.83	67.82	60.76	61.67
Ww	16.10	10.86	12.72	15.37	13.09
Vs	24.31	22.70	25.59	22.93	22.84
Vw	16.10	10.86	12.72	15.37	13.09
Va	6.95	8.12	8.51	5.71	7.53
Vv	23.05	18.98	21.24	21.08	20.63
$e$	0.95	0.84	0.83	0.92	0.90
S	2.05	2.20	2.21	2.09	2.11
$\gamma_s$	1.7	1.72	1.72	1.73	1.72

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 27**

*Resultados del Cálculo de Relación de vacíos (e) y el Peso específico Saturado ( $\gamma_s$ ) del SPT 02*

	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Gs	2.65	2.67	2.65	2.65	2.68
Vm	41.67	49.24	43.47	45.47	44.44
$\gamma_m$	1.69	1.7	1.73	1.71	1.7
Wm	70.42	83.71	75.20	77.75	75.55
W%	25.82	18.88	18.91	26.13	21.5
W	0.2582	0.1888	0.1891	0.2613	0.215
Ws	55.97	70.41	63.24	61.65	62.18
Ww	14.45	13.29	11.96	16.11	13.37
Vs	21.12	26.37	23.87	23.26	23.20
	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Vw	14.45	13.29	11.96	16.11	13.37
Va	6.10	9.57	7.65	6.10	7.87
Vv	20.55	22.87	19.60	22.21	21.24
e	0.97	0.87	0.82	0.95	0.92
S	2.03	2.15	2.22	2.05	2.09
$\gamma_s$	1.69	1.7	1.73	1.71	1.7

*Nota.* Elaboración propia.

## 6.2. Corrección del N del Ensayo SPT

**Tabla 28**

*Corrección del  $N_{SPT01}$  con  $C_N$  según Liao y Whitman para el SPT 01*

Profundidad	Nm	SUCS	FC	$\delta'$ kg/cm <sup>2</sup>	CN	$C_R$	$C_E$	$C_S$	$C_B$	$(N_1)_{60}$
1.15-1.45	7	CL	87.3	0.17	1.70	0.75	1	1	1	8.9
2.15-2.45	3	SM	28.7	0.33	1.70	0.75	1	1	1	3.8
3.15-3.45	12	SM	14.3	0.44	1.51	0.75	1	1	1	13.6
4.15-4.45	24	SM	33.3	0.54	1.36	0.85	1	1	1	27.8
5.15-5.45	30	SM	16	0.65	1.24	0.85	1	1	1	31.7

*Nota.* Elaboración propia.

$$* C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$$

**Tabla 29***Cálculo del valor  $C_N$  para el SPT 01*

Profundidad	Nm	$\bar{\sigma}'$ kg/cm <sup>2</sup>	$C_N$ (*)	$C_N$ (*)
1	7	0.17	2.43	1.70
2	3	0.33	1.74	1.70
3	12	0.44	1.51	1.51
4	24	0.54	1.36	1.36
5	30	0.65	1.24	1.24

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 30***Corrección del Número de Golpes del SPT 01 -  $(N_1)_{60}$* 

Prof.	Nm	Gs	e	$\gamma$ Ton/m <sup>3</sup>	W (%)	I.P	FC	SUCS	$\delta'$ kg/cm <sup>2</sup>	$C_N$	$C_R$	$C_E$	$C_S$	$C_B$	(N1)60	$(N_1)_{60cs}$	$(N_1)_{60}$ corregido
1	7	2.65	-	1.70	25.00	9	87.3	CL	0.17	1.70	0.75	1	1	1	8.9	14.5	8.93
2	3	2.68	0.48	2.14	17.85	N. P	28.7	SM	0.33	1.70	0.75	1	1	1	3.8	9.1	3.83
3	12	2.65	0.50	2.10	18.76	N. P	14.3	SM	0.44	1.47	0.75	1	1	1	13.6	16.6	13.27
4	24	2.65	0.67	1.99	25.3	N. P	33.3	SM	0.54	1.25	0.75	1	1	1	24.5	30.0	22.55
5	30	2.70	0.57	2.08	21.23	N. P	16.0	SM	0.65	1.17	0.75	1	1	1	28.0	31.5	26.25

*Nota.* Elaboración propia.

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N, \text{ Según Boulanger y Idriss (2008)}$$

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left(\frac{15.7}{FC+0.01}\right)^2\right)$$

**Tabla 31***Cálculo de  $\Delta(N_1)_{60}$  y  $C_N$  para suelos Saturados - SPT 01*

Prof.	FC	$\Delta(N_1)_{60}$	m	CN nuevo	
1	87.3	5.6	0.49	2.39	1.7
2	28.7	5.3	0.55	1.85	1.7
3	14.3	3.0	0.47	1.47	1.47
4	33.3	5.5	0.36	1.25	1.25
5	16	3.5	0.35	1.17	1.17

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 32**

Corrección del  $N_{SPT02}$  con  $C_N$  según Liao y Whitman para el SPT 02

Prof.	Nm	SUCS	FC	$\delta^*$ kg/cm2	CN	$C_R$	$C_E$	$C_S$	$C_B$	(N1)60
1.15-1.45	6	CL	88.4	0.17	1.70	0.75	1	1	1	7.7
2.15-2.45	3	SM	34.2	0.33	1.70	0.75	1	1	1	3.8
3.15-3.45	28	SM	17.9	0.44	1.51	0.75	1	1	1	31.7
4.15-4.45	38	SM	15	0.54	1.37	0.85	1	1	1	44.1
5.15-5.45	47	SM	10.3	0.64	1.25	0.85	1	1	1	49.9

Nota. Elaboración propia.

$$* C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$$

**Tabla 33**

Cálculo del valor  $C_N$  para el SPT 02

Profundidad	Nm	$\delta^*$ kg/cm2	$C_N$ (*)	$C_N$ (*)
1	6	0.17	2.43	1.70
2	3	0.33	1.75	1.70
3	28	0.44	1.51	1.51
4	38	0.54	1.37	1.37
5	47	0.64	1.25	1.25

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 34***Corrección del Número de Golpes del SPT 02 -  $(N_1)_{60}$* 

Prof.	Nm	Gs	e	$\gamma$ Ton/m <sup>3</sup>	W (%)	I.P	FC	SUCS	$\delta'$ kg/cm <sup>2</sup>	$C_N$	$C_R$	$C_E$	$C_S$	$C_B$	$(N_1)_{60}$	$(N_1)_{60cs}$	$(N_1)_{60}$ corregido
1	6	2.65	-	1.70	25.82	11	88.4	ML	0.17	1.70	0.75	1	1	1	7.7	13.2	7.65
2	3	2.67	0.50	2.11	18.88	N. P	34.2	SM	0.33	1.70	0.75	1	1	1	3.8	9.3	3.83
3	28	2.65	0.50	2.10	18.91	N. P	17.9	SM	0.44	1.51	0.75	1	1	1	31.7	35.8	27.45
4	38	2.65	0.69	1.97	26.13	N. P	15	SM	0.54	1.37	0.75	1	1	1	38.9	42.2	34.06
5	47	2.68	0.58	2.07	21.50	N. P	10.3	SP SM	0.64	1.25	0.75	1	1	1	44.0	45.2	39.68

*Nota.* Elaboración propia.

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N, \text{ Según Boulanger y Idriss (2008)}$$

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left(\frac{15.7}{FC+0.01}\right)^2\right)$$

**Tabla 35***Cálculo de  $\Delta(N_1)_{60}$  y  $C_N$  para suelos Saturados - SPT 02*

Prof.	FC	$\Delta(N_1)_{60}$	m	CN nuevo	
1	88.4	5.6	0.50	2.45	1.7
2	34.2	5.5	0.55	1.84	1.7
3	17.9	4.0	0.32	1.31	1.31
4	15	3.2	0.29	1.19	1.19
5	10.3	1.3	0.27	1.13	1.13

*Nota.* Elaboración propia.

### 6.3. Resultado de la Estadística de la Muestra

#### 6.3.1. Gráfica de Dispersión

Para la obtención de datos se consideró como variable independiente “X” a los valores del número de golpes  $n$  del DPL, y como variable “Y” a los valores corregidos del ensayo SPT  $(N_1)_{60}$ .

**Tabla 36**

*Variable Independiente y Dependiente*

Datos	Profundidad (m)	Variable dependiente	Variable independiente
		Y $(N_1)_{60}$	x $N_{DPL}$
SPT1 - DPL1	1.15-1.45	8.9	5
	2.15-2.45	3.8	2.6
	3.15-3.45	13.6	10.8
	4.15-4.45	27.8	22.4
	5.15-5.45	31.7	28.6
SPT2 - DPL2	1.15-1.45	8.9	4.6
	2.15-2.45	3.8	3.6
	3.15-3.45	13.3	13
	4.15-4.45	22.5	19.8
	5.15-5.45	26.3	22.6
SPT1 - DPL3	1.15-1.45	8.9	4.6
	2.15-2.45	3.8	3.4
	3.15-3.45	13.6	9
	4.15-4.45	27.8	18.8
	5.15-5.45	31.7	25.6
SPT2 - DPL3	1.15-1.45	8.9	4.6
	2.15-2.45	3.8	3.4
	3.15-3.45	13.3	9
	4.15-4.45	22.5	18.8

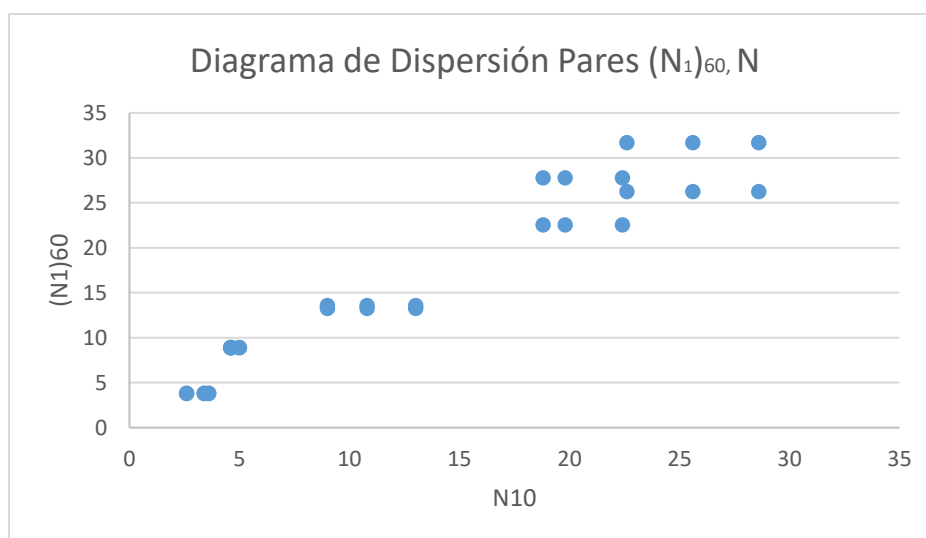


Datos	Profundidad (m)	Variable	Variable
		dependiente Y (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>	independiente x N DPL
SPT1 - DPL2	5.15-5.45	26.3	25.6
	1.15-1.45	8.9	4.6
	2.15-2.45	3.8	3.6
	3.15-3.45	13.6	13
	4.15-4.45	27.8	19.8
	5.15-5.45	31.7	22.6
SPT2 - DPL1	1.15-1.45	8.9	5
	2.15-2.45	3.8	2.6
	3.15-3.45	13.3	10.8
	4.15-4.45	22.5	22.4
	5.15-5.45	26.3	28.6

Nota. Elaboración propia.

### Figura 21

Diagrama de Dispersión de los pares (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>



Nota. Elaboración propia.

De la Figura 21. se visualiza en el diagrama de dispersión la relación existente entre las variables (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> del SPT y N del DPL, analizando las dos variables X e Y, se visualiza que cada

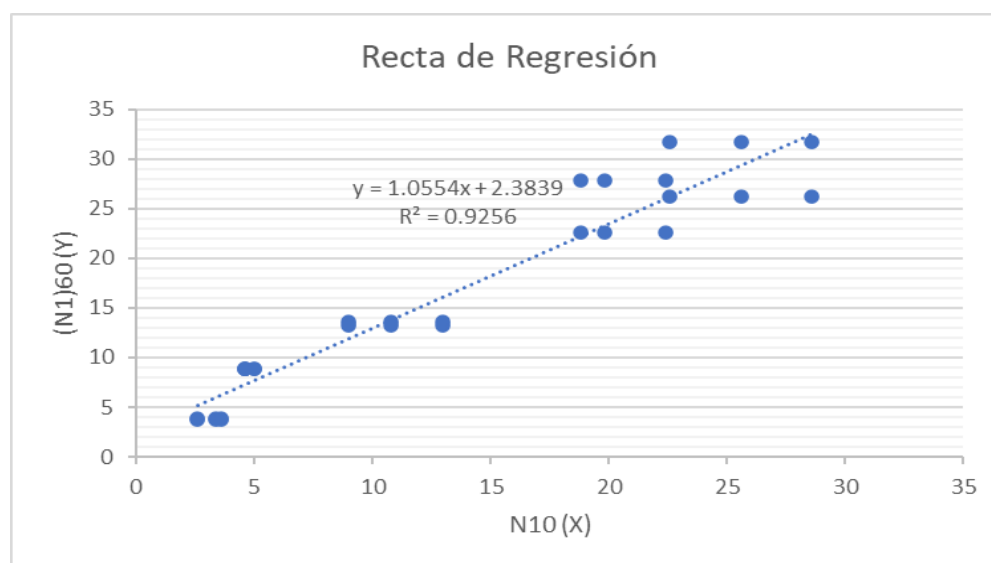
que la variable N del DPL aumenta, aumenta proporcionalmente el valor de  $(N_1)_{60}$ , por lo que se conoce como correlación positiva.

### 6.3.2. Regresión Lineal Simple y Método de mínimos cuadrados

A partir de los datos expuestos en la Tabla 36, se aplicó un modelo de regresión lineal simple el cual permitirá relacionar las variables. Utilizando el método de mínimos cuadrados se obtuvo la ecuación de la recta de regresión lineal.

#### Figura 22

Recta de Regresión de los valores  $(N_1)_{60}$  y  $N_{10}$



Nota. Elaboración propia.

### 6.4. Análisis de Correlación entre los valores del DPL y SPT

La correlación de entre los valores de DPL y el SPT para suelos saturados se detalla en la Tabla 37.

**Tabla 37**

*Ecuación de la recta de la Recta de Regresión - Correlación entre el SPT y DPL*

Tipo de Correlación	Ecuación Lineal	Coefficiente de correlación (R2)	Coefficiente de Correlación
DPL ( $N_{10}$ ) Vs SPT ( $N_1$ ) <sub>60</sub>	$(N_1)_{60} = 1.0554N_{10} + 2.3839$	0.925	0.962

*Nota.* La correlación propuesta es válida únicamente para el tipo de suelo en estudio, es decir, arenas saturadas dentro del rango de valores ensayados.

Según la ecuación obtenida se realizará un análisis comparativo de los resultados del SPT y DPL con el Angulo de Fricción Interna.

### 6.5. Resultados del ensayo SPT con el Angulo de Fricción Interna

Se determinó el ángulo de fricción interna efectiva ( $\phi'$ ), mediante relaciones detalladas en el capítulo del marco teórico, utilizando el valor corregido de N del ensayo de Penetración estándar (SPT) y la densidad relativa ( $D_r$ ).

**Tabla 38**

*Valores calculados del Ángulo de fricción interna  $\phi$  en función al ( $N_1$ )<sub>60</sub> del SPT*

Angulo de Fricción interna ( $\phi'$ )	( $N_1$ ) <sub>60</sub>	( $\phi$ ) Calculado	Autores
$27.1 + 0.3N - 0.00054N^2$	8.93	29.74	Wolff (1989)
$(0.3N)^{0.5} + 27$	8.93	28.64°	Peck Hanson (1953)
$\sqrt{20N} + 20$	8.93	33.36	Hatanaka and Uchida (1996)
$\arctan\left(\frac{N}{32.5}\right)^{0.34}$	8.93	36.6	Schmertmann (1977)
$(12N)^{0.5} + 15$	8.93	25.35°	Dunham (1954)
$20 + 3.5\sqrt{N}$	8.93	30.46°	Muromachi (1974)
$26.7 + 0.36N - 0.0014(N)^2$	8.93	29.80°	Peck et al (1974)
Promedio		30.57	

*Nota.* Elaboración propia.

Según se detalla en la Tabla 38, se llevó a cabo el cálculo del ángulo de fricción ( $\phi$ ) mediante formulaciones establecidas por distintos autores, adaptadas a las condiciones específicas del estudio. Se obtuvieron valores de  $\phi'$  entre 25.35 y 36.6, con un promedio de  $\phi' = 30.57^\circ$ , el cual se aproxima al resultado obtenido en el ensayo triaxial CU, donde se obtuvo  $\phi=30.5^\circ$ . Además, se observa que las propuestas por Wolff (1989), Muromachi (1974) y Peck et al (1974), son las que mejor se ajustan al valor considerado como real obtenido en el laboratorio.

## 6.6. Resultados de la correlación entre el valor N del ensayo SPT y la Densidad Relativa

Mediante los números de golpes corregidos del SPT  $(N_1)_{60}$ , se determinó la densidad relativa de acuerdo a los autores presentados en el capítulo 2.

**Tabla 39**

*Resultado de las correlaciones entre  $(N_1)_{60}$  del SPT 01 y la Densidad Relativa ( $D_r$ )*

Prof. (m)	Y seca (KN/m <sup>3</sup> )	Clasificación SUCS	$(N_1)_{60}$	Cu	Presión efectiva			Dr %			
					$\delta'$ tn/m <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	Meyehof (1957)	Holtz and Gibbs (1979)	Marcuson and Bieganousky (1977)	Gibbs and Holts (1957)	
1	13.60	CL	8.93	6	13.60	2.418	-	-	-	-	
2	14.59	SM	3.83	6	27.20	3.442	19.35	29.93	24.50	15.91	
3	14.48	SM	13.27	7.56	40.68	4.466	32.81	52.46	37.69	35.18	
4	13.81	SM	22.55	8.06	53.49	5.504	41.22	75.39	55.94	44.46	
5	14.19	SM	26.25	5.44	66.68	6.529	41.77	77.56	72.66	44.19	
							Promedio	33.79	58.84	47.70	34.94

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 40**

Resultado de las correlaciones entre  $(N_1)_{60}$  del SPT 02 y la Densidad Relativa ( $D_r$ )

Prof. (m)	Y seca (KN/m3)	Clasificación SUCS	$(N_1)_{60}$	Cu	Presión efectiva			Dr %			
					$\delta'$ tn/m2	lb/pulg2	Meyehof (1957)	Holtz and Gibbs (1979)	Marcuson and Bieganousky (1977)	Gibbs and Holts (1957)	
1	13.43	ML	7.65	6	13.43	2.404	-	-	-	-	
2	14.30	SM	3.83	6	26.84	3.399	19.46	29.94	24.55	16.10	
3	14.55	SM	27.45	9.29	40.39	4.438	50.28	75.80	55.13	55.06	
4	13.56	SM	34.06	8.67	52.94	5.448	52.10	83.46	70.51	55.96	
	13.99	SP	39.68	3.5	65.94	6.443	52.55	94.88	91.70	55.42	
5		SM									
							Promedio	43.60	71.02	60.47	45.63

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 39 y la Tabla 40, se puede observar que para el estrato conformado por suelos de arcilla de baja plasticidad (CL) no se realizó el cálculo de la  $D_r$ , ya que no resulta relevante para la investigación. Además, se observa una proximidad significativa entre los valores obtenidos mediante las ecuaciones de Meyerhof (1957) y la propuesta por Gibbs and Holts (1957) en los resultados de  $D_r$  para el SPT01 y SPT 02. Para el SPT 01, se registran valores de  $33.79^\circ$  y  $34.94^\circ$  respectivamente, así mismo para el SPT 02 se tienen valores  $43.60^\circ$  y  $45.63^\circ$ .

### 6.7. Resultado de la correlación entre la Densidad relativa $D_r$ y el Ángulo de Fricción interna con el ensayo DPL

Teniendo como referencia a Ulrich Smolczyk

$$I_D = a_1 + a_2 \log N_{10}$$

Donde:

$I_D$  = Densidad relativa en decimal

$a_1 + a_2$  = Coeficiente adimensionales (Ver Tabla 12)

$N_{10}$  = Número de golpes del DPL registrados en campo

**Tabla 41***Número de golpes del ensayo DPL*

Prof. (m)	n <sub>DPL-01</sub>	n <sub>DPL-02</sub>	n <sub>DPL-03</sub>
1	5	4.60	4.6
2	2.6	3.60	3.4
3	10.8	13.00	9
4	22.4	19.80	18.8
5	28.6	22.60	25.6
Promedio	13.88	12.72	12.28

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 42. Se detalla el cálculo de la densidad relativa mediante el n<sub>DPL</sub> promedio de cada uno de los ensayos

**Tabla 42***Cálculo de la Densidad relativa (Dr)*

Descripción	n <sub>prom</sub>	I <sub>D</sub> (%)
DPL-01	13.88	44.70
DPL-02	12.72	43.72
DPL-03	12.28	43.32
Promedio		43.91

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 42, se muestran los resultados de la densidad relativa los cuales fueron I<sub>D</sub> = 44.70 %, I<sub>D</sub> = 43.72%, I<sub>D</sub> =43.32%, teniendo un promedio de I<sub>D</sub> =43.91%, el cual es semejante al resultado obtenido de la densidad relativa del ensayo SPT.

## 6.8. Resultados del ensayo DPL con el Angulo de Fricción Interna

A partir del Índice de densidad (I<sub>D</sub>) y mediante estimaciones conservadoras, considerando los valores del coeficiente de uniformidad (C<sub>u</sub>), se puede obtener los parámetros efectivos del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ).

**Tabla 43**

Valores deducidos para el ángulo de fricción ( $\phi$ ) a partir del índice de densidad ( $I_D$ )

Tipo de Suelo	Coeficiente de uniformidad (Cu)	Intervalo de $I_D$ (%)	Ángulo de fricción interna ( $\phi$ )
Arenas de grano		15 a 35 (suelto)	30
ligeramente fino arenas, gravas	<6	35 a 65 (densidad media) > 65 (denso)	32.5 35
Arenas, arenas grava, grava	$6 \leq Cu \leq 15$	15 a 35 (suelto) 35 a 65 (densidad media) > 65 (denso)	30 34 38

Nota. Adaptado de Atala (2011).

La densidad relativa calculada en la Tabla 42, fue de 43.91%, ubicada dentro del rango de 35 a 65% según la Tabla 43, lo que indica una densidad media. Este valor corresponde a un ángulo de fricción interna  $\phi = 32.5$ , cercano al ángulo de fricción interna obtenido en el ensayo triaxial de CU con parámetros efectivos  $\phi = 30.5$ .

## 6.9. Aplicación Estadística

Se realizó la prueba de normalidad para las variables de la muestra, para esta aplicación estadística se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, del cual se muestran en la Figura 23. Las hipótesis de normalidad para esta prueba son las siguientes:

$H_0$ : Los datos analizados siguen una distribución normal

$H_1$ : Los datos analizados no siguen una distribución normal

Se determina que una variable sigue una distribución normal ( $H_0$ ), cuando el P-valor es mayor a 0.05

**Figura 23**

*Resultados de la prueba de normalidad*

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NSPT	.198	30	.004	.881	30	.003
NDPL	.212	30	.001	.873	30	.002

*Nota.* Tomado del programa IBM SPSS Statistics

En la figura 23, se observan los resultados obtenidos del programa IBM SPSS Statistics del cual al tener una muestra menor a 50 datos se considera los resultados de Shapiro – Wilk, teniendo como resultado que la significancia p-valor es menor de 0.05, por lo que los datos de las variables NSPT y NDPL no provienen de una distribución normal, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se realizó análisis no paramétricos.

Para la Hipótesis

- Ho: No existe una correlación entre los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT (Nspt) con los números de golpes del ensayo DPL (Ndpl) en los suelos saturados de Lurín.
- H1: Existe una correlación entre los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT (Nspt) con los números de golpes del ensayo DPL (Ndpl) en los suelos saturados de Lurín.

**Figura 24**

*Estadístico de prueba de la Hipótesis General – Spearman*

		NSPT	NDPL
Rho de Spearman	NSPT		
	Coefficiente de correlación	1.000	.949**
	Sig. (bilateral)	.	<.001
	N	30	30
NDPL	Coefficiente de correlación	.949**	1.000
	Sig. (bilateral)	<.001	.
	N	30	30

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).



En la figura 24. Se puede verificar que existe una correlación moderada de 0.949 y significativa ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) entre los números de golpes del ensayo SPT ( $N_{spt}$ ) con los números de golpes del DPL ( $N_{dpl}$ ).

Por lo que, se rechaza la hipótesis  $H_0$ : No existe una correlación entre los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT ( $N_{spt}$ ) con los números de golpes del ensayo DPL ( $N_{dpl}$ ) en los suelos saturados de Lurín.

- Por lo tanto, se acepta  $H_1$ : Existe una correlación entre los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT ( $N_{spt}$ ) con los números de golpes del ensayo DPL ( $N_{dpl}$ ) en los suelos saturados de Lurín.

## 6.10. Discusión de Resultados

La primera estandarización de la correlación entre el  $N_{SPT}$  fue presentada por Terzaghi y Peck en 1967 en el ASTM, la cual surge debido a los costos significativos en termino de tiempo y personal requerido para su ejecución. Además, Flores, W. y Chávez J. (2020), señalan que estudios recientes han utilizado el Ensayo de Auscultación con Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) para determinar la resistencia de suelos arenosos, sin embargo, los resultados de correlaciones obtenidas del laboratorio, ensayos en campo y referencias bibliográficas generales, no consideradas como “correlaciones establecidas”, por lo que, aún no se ha establecido una correlación adecuada entre el ensayo DPL y el ensayo SPT. En la presente investigación se propone una correlación entre los ensayos SPT y DPL, el cual fue obtenido con el método de mínimos cuadrados.

En la investigación de Barrios, J. (2019) concluye que las ecuaciones de correlación obtenidas para los tipos de suelo SC y CL son recomendados debido al valor real del ángulo de fricción. Así mismo, Lingwanda et al. (2015) concluyen que las correlaciones desarrolladas en su investigación se adecuan a un tipo de suelo Arena Limosa (SM) y arena arcillosa (SC). Debido a las características y propiedades del suelo en la presente investigación, la correlación  $(N_1)_{60} = 1.0554N_{10} + 2.3839$ , se adecua para suelos de clasificación arena limosa (SM) y arena pobremente graduada con limo (SP-SM) con presencia de nivel freático.

Atala (2011), para determinar el ángulo de fricción interna en función de las relaciones publicada con el N del SPT, se basó en formulaciones de autores que consideraron una relación de energía  $ER=60\%$ , obteniendo un ángulo de fricción interna promedio de  $32.14^\circ$ , el cual comparó

el ángulo obtenido del ensayo de corte Directo ( $32.70^\circ$ ) concluyendo que existe una relación. Para la presente investigación se consideró formulaciones de autores que hayan utilizado los parámetros efectivos en función al  $(N_1)_{60}$  y relación de energía 60%, para poder realizar la comparación con el ángulo de fricción efectivo obtenido en el ensayo Triaxial CU.

Para demostrar la existencia entre la relación del ensayo de Auscultación con penetrómetro ligero de punta cónica (DPL) con el ángulo de fricción y la densidad relativa, Átala (2011), realiza una estimación de para el ángulo de fricción a partir del Índice de densidad  $I_D$  por lo que obtiene una densidad relativa con un ángulo de fricción que se aproxima al obtenido mediante el ensayo de laboratorio. Por lo que, para la presente investigación el Intervalo obtenido  $I_D = 43.91\%$ , se muestra una compacidad media, por lo que el ángulo de fricción interna es  $\phi = 32.5^\circ$ .

## **6.10. Contrastación de Hipótesis**

### ***6.10.1. Contrastación de Hipótesis Principal***

Se cumplió con la hipótesis principal. Mediante un modelo de regresión lineal simple se relacionaron los valores corregidos de los números de golpes del ensayo SPT ( $N_{SPT}$ ) con los números de golpes del ensayo DPL ( $N_{DPL}$ ) y utilizando el método de mínimos cuadrados se obtuvo la ecuación  $(N_1)_{60} = 1.0554n_{10} + 2.3839$  con el coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.925, por lo que al aproximarse a 1 nos indica la existencia de una correlación.

### ***6.10.2. Contrastación de Hipótesis Secundaria***

Se cumplió con la primera hipótesis secundaria. Mediante las propiedades físicas se conoció las características y condición de los diferentes estratos que conforman el suelo dentro del proyecto, según los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de las Calicatas C-01, C-02 y C-03, como de las muestras extraídas del ensayo SPT -01 y SPT-02, a través de los ensayos de granulometría, ensayos de límite líquido y límite plástico se identificó la presencia de Limos de baja plasticidad (ML), arenas arcillosas (SC), arcillas de baja plasticidad (CL) y arenas limosas (SM), a distintas profundidades.

Se cumplió con la segunda hipótesis secundaria. Observando el Anexo E, se muestra el perfil estratigráfico, del cual se obtiene una representación gráfica y muestra el registro en secuencia vertical de los diferentes estratos que conforma el suelo en estudio. El perfil se obtuvo

mediante los estudios geotécnicos y el ensayo SPT. La información obtenida a través del perfil estratigráfico es fundamental para las aplicaciones en el proceso de construcción.

Se cumplió con la tercera hipótesis secundaria. Se comprueba la relación entre el ensayo de Penetración estándar SPT con la compacidad y el ángulo de fricción. Se identificó la compacidad del suelo mediante los números de golpes obtenidos del ensayo de penetración estándar. Para el SPT-01, a una profundidad de 2 m, se identificó una compacidad del estrato muy suelto; a los 3 m una compacidad del estrato firme; a los 4 m una compacidad del suelo muy firme y a los 5 m una compacidad densa. Para el SPT-02 a una profundidad de 2 m se identificó una consistencia muy suelta, a los 3 m y 4 m una consistencia muy firme y a los 5 m una consistencia densa. Mediante formulaciones propuestas por Wolff (1989); Peck (1974) y Muromachi (1974), adaptadas a las condiciones específicas del estudio se obtuvieron ángulos de fricción  $\phi'$  de 29.74°, 29.80° y 30.46° respectivamente.

Se cumplió con la cuarta hipótesis secundaria. Se comprueba la relación entre el ensayo de Auscultación con penetrómetro ligero de punta cónica (DPL) con la compacidad y el ángulo de fricción. Mediante la densidad relativa promedio de 43.91% obtenida de los  $n_{\text{promedio}}$  del ensayo de Auscultación DPL-01, DPL-02 y DPL-03, se pudo determinar la compacidad del suelo que indica una densidad media y el ángulo de fricción interna  $\phi = 32.5^\circ$ .

## CAPÍTULO 7. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

### 7.1. Beneficio no Financiero

La presente investigación tuvo como objetivo establecer una correlación efectiva para la evaluación de las condiciones del suelo en estudio. Para cumplir con el objetivo, se ha realizado un análisis de las literaturas disponibles para identificar cual se ajusta al tipo y parámetros del suelo saturado.

Al establecer una correlación entre los ensayos SPT y DPL en la investigación, se pudo indicar que, para el tipo y condición del suelo analizado, es factible realizar un mayor número de sondeos utilizando el equipo DPL, siendo conveniente debido a la practicidad de la prueba, al poco personal que requiere y al menor tiempo de ejecución. Como resultado, se logra ampliar los puntos de investigación abarcando mayor territorio y obteniendo datos de los parámetros del ángulo de fricción y compacidad. Además, esta información proporciona una valiosa referencia sobre el comportamiento y composición del terreno, beneficiando así estudios futuros de mecánica de suelos en áreas adyacentes a la zona de estudio.

#### *Impacto Ambiental*

En la presente investigación se consideró el estudio de Impacto Ambiental (EIA) debido a las actividades realizadas, las cuales se identificaron impactos invasivos por lo cual se analizó cada uno de ellos a través de los métodos presentados por el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles SENACE.

#### **Métodos Invasivos.**

#### *Impacto Sonoro.*

Durante la realización del ensayo de SPT, los golpes del martillo contra la cabeza de golpeo generaron incremento de decibeles moderados, lo que resulta en un impacto sonoro perceptible. Estos golpes son consecutivos y se prolongaron durante un periodo significativo debido a la naturaleza misma del ensayo.

El ensayo DPL, al involucrar golpes durante su ejecución, produce impacto sonoro. A diferencia del ensayo SPT, estos golpes generan niveles de decibeles leves, aunque igualmente persistentes durante el periodo de realización del ensayo.

***Impacto en el aire.***

Durante la exploración con calicatas, se requiere realizar excavaciones, lo que resulta en la emisión de polvo y partículas en suspensión. Estos efectos se consideran un impacto leve.

***Impacto en el suelo.***

Las exploraciones con calicatas y las perforaciones mediante el ensayo SPT provocaron modificaciones en el estado natural del suelo. La extracción de muestras requirió excavación y remoción de material, lo que a su vez implicó el uso alterado del mismo material para rellenar las excavaciones.

**7.2. Evaluación Económica – Financiera**

En la Tabla 43, se muestra una comparación económica entre la ejecución de un ensayo SPT y un ensayo DPL.

**Tabla 44**

*Análisis comparativo económico entre el un ensayo SPT y un ensayo DPL*

<b>Ensayo SPT</b>	<b>Ensayo DPL</b>
Costo de ejecución: S/200.00 (por metro) por lo tanto el estudio realizado llega a S/ 1,000 (Sin IGV)	Costo de ejecución: S/200.00 por ensayo.
Traslado de Lima - Lurín/ Lurín- Lima: S/600.00	Traslado Lima Lurín: No se considera debido que va en el vehículo de los trabajadores
Tiempo de ejecución en Campo: 1 día; por lo que se debe considerar viáticos (se considera traslado de personal, desayuno, almuerzo y cena) por 4 Trabajadores dando un monto aproximado de S/600.00	Tiempo de ejecución: 3 hrs, al ser un ensayo práctico se puede disponer del personal para realizar otras actividades, monto aproximado de pago para dos personas S/260.00

*Nota.* Elaboración propia. Los montos mencionados corresponden a los gastos realizados en la ejecución de cada uno de los ensayos para el proyecto de investigación, con un desglose detallado de cada uno de ellos.

**Tabla 45**

*Costos Totales por los ensayos ejecutados*

Ensayo de Campo	Costo por los ensayos ejecutados con IGV (S/.)		Costo por Traslado de equipo (S/.)		Viáticos (S/.)		Costo Total (S/.)
02 ensayos de SPT	S/	2,360.00	S/	600.00	S/	600.00	S/ 3,560.00
03 ensayos de DPL	S/	708.00	-		S/	260.00	S/ 968.00
						Total	S/ 4,528.00

*Nota.* Elaboración propia.

Por lo expuesto en la Tabla 44, se evidencia que el costo total para la realización de 02 ensayos de Penetración Estándar SPT fue de S/ 3,560.00, mientras que el costo total para la ejecución de 03 ensayos de Auscultación con Penetrómetro Ligero de Punta Cónica (DPL) ascendió a S/ 968.00. Esto indica que el costo de realizar un ensayo DPL representa solo el 27.19% del costo de un ensayo SPT.

## CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

En la presente investigación se concluyó que existe una correlación entre los ensayos SPT y DPL, basados en el ajuste del diagrama de dispersión en el cual se analiza la relación existente entre las variables  $(N_1)_{60}$  del SPT y N del DPL, así mismo mediante un modelo de regresión lineal simple utilizando un método de mínimos cuadrados se confirma una ecuación con el coeficiente ( $R^2$ ) aceptable de 0.925, la ecuación  $(N_1)_{60}=1.0554N_{10} + 2.3839$ , esta correlación permitió obtener la compacidad mediante los números de golpes del DPL y el ángulo de fricción interna efectiva en el lugar de estudio.

Para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación, se determinaron las propiedades físicas mediante ensayos de laboratorio de suelos, el cual permitió conocer las características geotécnicas de las condiciones del suelo saturada de la zona de estudio. Según los resultados obtenidos, en la exploración de campo se evidencio la presencia de nivel freático a 1.80 m, así mismo mediante las muestras extraídas del ensayo SPT se obtuvieron suelos conformado por las siguientes clasificaciones: Arcilla de baja plasticidad (CL), Arena limosa (SM), Limo de baja plasticidad (ML), arena arcillosa (SC) y Arena mal graduada con limo (SP-SM).

Según la discusión de resultados, se concluye que la correlación  $(N_1)_{60}=1.0554N_{10} + 2.3839$ , se adecua para suelos Arena limosa (SM) y Arena mal graduada con limo (SP-SM) con presencia de nivel freático.

El perfil estratigráfico presentado en el Anexo E, nos permite tener una visión clara de la composición del suelo en la zona de estudio, del cual podemos observar que en a la profundidad de 1.00 a 1.30m se puede observar la presencia de un suelo conformado por arcilla de baja plasticidad (CL) y un Limo de baja plasticidad (ML), de 1.50m hasta los 5.00m predomina a Clasificación SM (Arena Limosa).

Para la obtención de los valores de los ángulos de fricción de la presente investigación se consideró formulaciones de autores que hayan utilizado los parámetros efectivos en función al  $(N_1)_{60}$  y relación de energía 60%, para la comparación con el ángulo de fricción efectivo obtenido en el ensayo Triaxial CU de 30.5°.

**Tabla 46**

*Correlación del ángulo de fricción, Considerando  $\phi'_{laboratorio} = 30.5^\circ$*

Autores	$(N_1)_{60}$	$(\phi')$ Calculado	% de Error
Wolff (1989)	8.93	29.74	-3%
Peck Hanson (1953)	8.93	28.64°	-6%
Hatanaka and Uchida (1996)	8.93	33.36	9%
Schmertmann (1977)	8.93	36.6	20%
Dunham (1954)	8.93	25.35°	-17%
Muromachi (1974)	8.93	30.46°	0%
Peck et al (1974)	8.93	29.80°	-2%

Se concluye, que en términos de la relación entre el ángulo de fricción efectivo a partir del  $(N_1)_{60}$  del SPT, la mayoría de metodologías muestran una cercanía con el valor obtenido en el ensayo triaxial de laboratorio. Sin embargo, no se recomienda utilizar las formulaciones de Dunham (1954) y Schmertmann (1977) para este cálculo debido a la alta dispersión de resultados al compararlos con lo obtenido en el laboratorio. Esto se debe a que, al incorporar los factores de seguridad utilizados en los cálculos de diseño estructural, estas metodologías emplean valores muy conservadores, lo que podría resultar en un aumento de los factores de seguridad y una sobreestimación de los diseños.

En la presente investigación se concluye que el Intervalo obtenido del índice de densidad  $I_D = 43.91\%$ , se encuentra en el rango de 35 – 65%, por lo que se obtiene una compacidad media, por lo que el ángulo de fricción interna es  $\phi = 32.5^\circ$ , cercano al ángulo de fricción interna obtenido en el ensayo triaxial de CU con parámetros efectivos  $\phi = 30.5$ .



## 8.2. Recomendaciones

Se recomienda que, para el cálculo de la corrección del N del SPT para suelos conformada por arenas saturadas, se utilice como factor de corrección por sobrecarga para suelos granulares, ( $C_N$ ), la ecuación proporcionada por Boulanger and Idriss (2004), así mismo considerar todos los factores de corrección de acuerdo al equipo SPT empleado, esto con la finalidad para obtener resultados verídicos.

Se recomienda que, para la determinación de las propiedades físicas del suelo se cumplan con los requisitos de traslado de muestra al laboratorio, con la finalidad de preservar las condiciones del suelo.

Se recomienda que, para realizar el perfil estratigráfico se cuente con un plano topográfico para tener el punto de nivel del terreno, en el caso de la investigación el nivel del terreno se encontraba nivelada, por lo que se obvió el levantamiento topográfico.

Para la obtención de los valores de los ángulos de fricción, se recomienda utilizar los parámetros efectivos, debido a la condición saturada del suelo en estudio, evaluando la condición crítica en la condición de liberar la presión de poros.

Se sugiere continuar la investigación para establecer correlaciones que abarque distintos tipos de suelos. Esto permitirá obtener mayor información y precisión en el cálculo de los distintos parámetros geotécnicos.

## ÁPENDICE Y ANEXOS

### i. Fuentes de Información

- Alva J. (2007). *Cimentaciones superficiales*. ICG publicaciones.
- Alva J. *Introducción y conceptos básicos*. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería
- Atala (2011). *Estudio experimental sobre correlaciones en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipos de penetración*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342670>
- Barrios, J. (2019). *Correlación de los Resultados con el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) en suelos de P.J. Wilmer Fernández Malca – Chiclayo*. Chiclayo. (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2684?locale-attribute=es>
- Braja, M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learnig.
- Cartel M y Bentley, S.P (1991). *Correlations of Soil Properties*. London. <https://istasazeh-co.com/wp-content/uploads/2022/03/Correlation-of-Soils-Properties-carter-Bentley-1991.pdf>
- Crespo C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Noriega Editores. [https://www.academia.edu/35912353/Crespo\\_Villalaz\\_MEC%C3%81NICA\\_DE\\_SUELOS\\_Y\\_CIMENTACIONES\\_PDF](https://www.academia.edu/35912353/Crespo_Villalaz_MEC%C3%81NICA_DE_SUELOS_Y_CIMENTACIONES_PDF)
- Dos Santos, M. Y Bicalho K. (2017). *Proposal sof SPT – CPT and DPL – CTP correlations for Sandy Soils in Brazil*. Revista de Mecánica de Rocas e Ingeniería Geotécnica, 9(6), 1152-1158. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775517300288>
- Eduardo O. y Giancarlo R. (2012). *Ajuste de la correlación de los resultados de las auscultaciones por cono Peck con los resultados del ensayo de penetración estándar*. (Tesis de Pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- 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.* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653611>
- German V. (2007) *Aplicabilidad del Cono Dinamico Tipo Peck.* XVI Congreso Nacional de Ingeniería Civil Arequipa-Perú
- German, L. Y Pérez 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. Pimentel,* (Tesis de Pregrado). Universidad Señor de Sipán  
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/6684>
- Gibbs H. y Holtz, W (1957). *Research on Determining the Density of Sand by Spoon Penetration testing.* Conf. en SMFE, London.
- Hernández, Fernández & Baptista, (2014). *Metodología de la investigación.* Mc Graw Hill Education.
- I. M. Idriss and r. W. Boulanger (2010) *SPT-Based liquefaction triggering procedures.* Department of civil & environmental engineering college of engineering university of california at davis
- Jay A., Nagaratnam S. and Braja M. (2015). *Correlation of soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering.* Springer.
- July C. y Juan R. (2015) *Análisis de correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos In Situ.* Tecno Lógicas. Vol(8) (35), (93-104)
- Lingwanda, M., Larsson, S. y Nyaoro, D. (2015). *Correlations of SPT, CPT and DPL Data for Sandy Soil in Tanzania.* Revista Geotechnical and Geological Engineering. 33, (1221-123).  
[https://www.researchgate.net/publication/277935324\\_Correlations\\_of\\_SPT\\_CPT\\_and\\_DPL\\_Data\\_for\\_Sandy\\_Soil\\_in\\_Tanzania](https://www.researchgate.net/publication/277935324_Correlations_of_SPT_CPT_and_DPL_Data_for_Sandy_Soil_in_Tanzania)
- Montgomery (2006), *Introducción al análisis de Regresión Lineal.* Cecsca.
- Mwajuma I., Stefan L. y Dalmas L. (2015). *Correlations of SPT, CPT and DPL data for Sandy soil in Tanzania.* Geotech Geol Eng (33) (1221-1233).

- Norma técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (2018),
- Norma Técnica Peruana NTP 339.133 (1999). *Suelos. Método de ensayo de penetración estándar SPT*. INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.127 (2014). *Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.128 (2014). *Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.129 (2014). *Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.159 2001(revisada el 2015), *Suelos. Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)*. INDECOPI
- Percy R. y Oscar T. (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.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones 2018*. ICG, Instituto de construcción y gerencia.
- Schmertman J.(1970) – *Static cone to compute static Settlemente over sand*. Journal of the Soils Mechanics and foundations. ASCE 96, (1011-1043).
- Terzagui y Peck (1948). *Soils mechanics in Engineering – Practice*, Wiley, New York.
- Vargas A. (1995). *Estadística Descriptiva e Inferencial*. Universidad de Castilla – La Mancha

ii. ANEXOS.

ANEXO A.  
Fichas laboratorio

Figura 25

Clasificación SUCS C-01, M-01

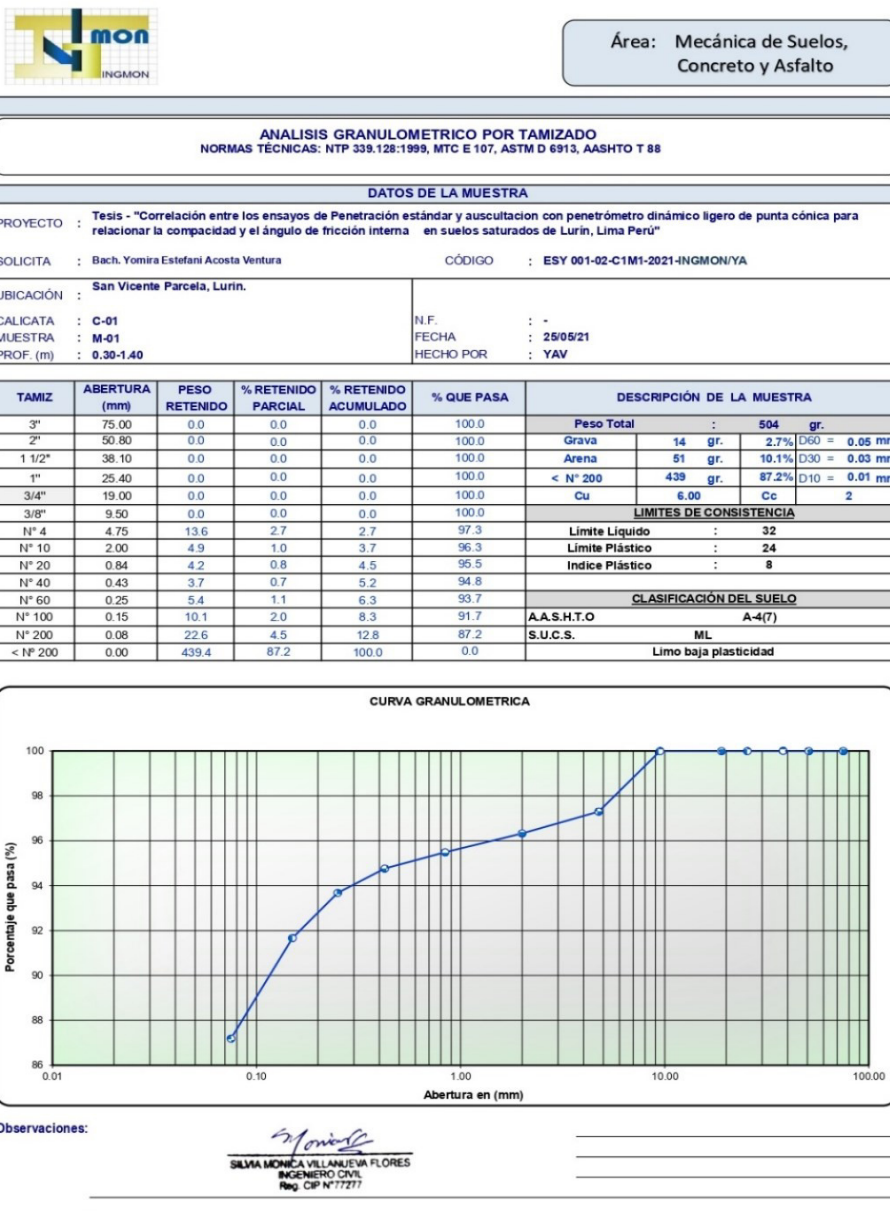


Figura 26

Clasificación SUCS C-01, M-02

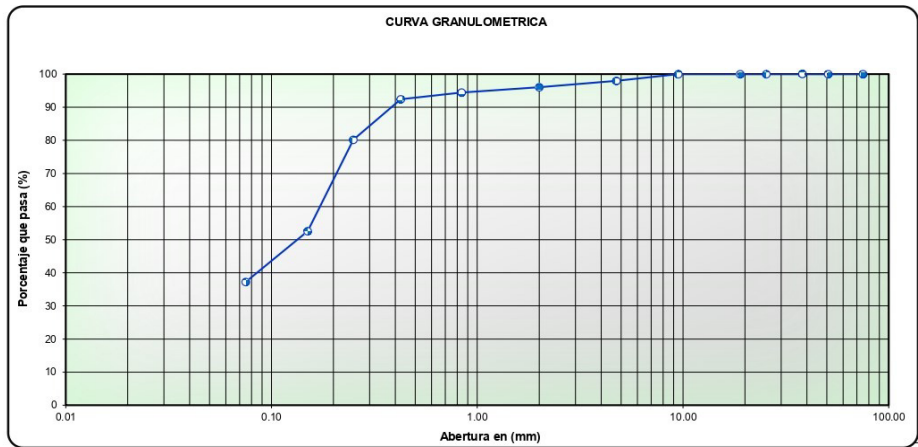


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-C1M2-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurín.		
CALICATA :	C-01	N.F. :	1.80
MUESTRA :	M-02	FECHA :	25/05/21
PROF. (m) :	1.40-1.80	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 500 gr.			
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava	10 gr.	2.1%	D60 = 0.18 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena	304 gr.	60.7%	D30 = 0.06 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200	186 gr.	37.3%	D10 = 0.02 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu	8.79	Cc	1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LÍMITES DE CONSISTENCIA			
N° 4	4.75	10.3	2.1	2.1	97.9	Limite Líquido : 28			
N° 10	2.00	9.6	1.9	4.0	96.0	Limite Plástico : 19			
N° 20	0.84	7.9	1.6	5.6	94.4	Indice Plástico : 10			
N° 40	0.43	10.1	2.0	7.6	92.4				
N° 60	0.25	61.2	12.2	19.8	80.2	CLASIFICACIÓN DEL SUELO			
N° 100	0.15	138.4	27.6	47.5	52.5	A.A.S.H.T.O		A-4(0)	
N° 200	0.08	76.6	15.3	62.7	37.3	S.U.C.S.		SC	
< N° 200	0.00	186.4	37.3	100.0	0.0	Arena arcillosa			



Observaciones:

*Silvia Villanueva Flores*  
SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 77777

Figura 27

Clasificación SUCS C-02, M-01

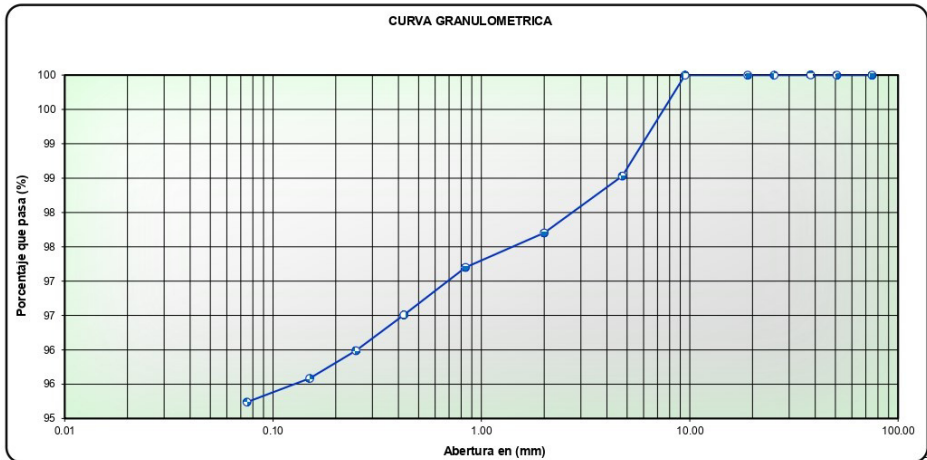


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 338.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO	: Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"		
SOLICITA	: Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO	: ESY 001-02-C2M1-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN	: San Vicente Parcela, Lurín.		
CALICATA	: C-02	N.F.	: -
MUESTRA	: M-01	FECHA	: 25/05/21
PROF. (m)	: 0.20-1.35	HECHO POR	: YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 502 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 7 gr. 1.5% D60 = 0.05 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 17 gr. 3.3% D30 = 0.02 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 478 gr. 95.2% D10 = 0.01 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 6.00 Cc 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 4	4.75	7.4	1.5	1.5	98.5	Límite Líquido : 35
N° 10	2.00	4.2	0.8	2.3	97.7	Límite Plástico : 24
N° 20	0.84	2.5	0.5	2.8	97.2	Índice Plástico : 11
N° 40	0.43	3.5	0.7	3.5	96.5	
N° 60	0.25	2.6	0.5	4.0	96.0	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 100	0.15	2.0	0.4	4.4	95.6	A.A.S.H.T.O A-6(11)
N° 200	0.08	1.7	0.3	4.8	95.2	S.U.C.S. CL
< N° 200	0.00	477.9	95.2	100.0	0.0	Arcilla de baja plasticidad arenosa con grava



Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
  
 SILMA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77271  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



Figura 28

Clasificación SUCS C-02, M-02

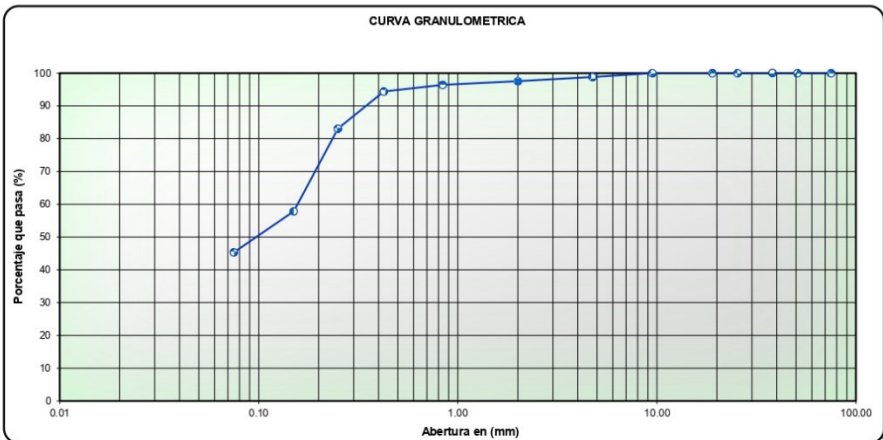


Área: Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-C2M2-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.		
CALICATA :	C-02	N.F. :	1.80
MUESTRA :	M-02	FECHA :	26/05/21
PROF. (m) :	1.35-1.80	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 511 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava : 6 gr. 1.2% D <sub>60</sub> = 0.16 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena : 273 gr. 53.5% D <sub>30</sub> = 0.05 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 : 231 gr. 45.3% D <sub>10</sub> = 0.02 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu : 9.58 Cc : 1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>						
N° 4	4.75	6.0	1.2	1.2	98.8	Limite Líquido : 30
N° 10	2.00	6.5	1.3	2.4	97.6	Limite Plástico : 21
N° 20	0.84	5.9	1.2	3.6	96.4	Indice Plástico : 9
N° 40	0.43	10.3	2.0	5.6	94.4	
N° 60	0.25	57.8	11.3	16.9	83.1	
N° 100	0.15	128.7	25.2	42.1	57.9	A.A.S.H.T.O : A-4(1)
N° 200	0.08	64.0	12.5	54.7	45.3	S.U.C.S. : SC
< N° 200	0.00	231.4	45.3	100.0	0.0	Arena arcillosa



Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Mónica*  
**SOLJA MONICA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 17271



Figura 29

Clasificación SUCS C-03, M-01

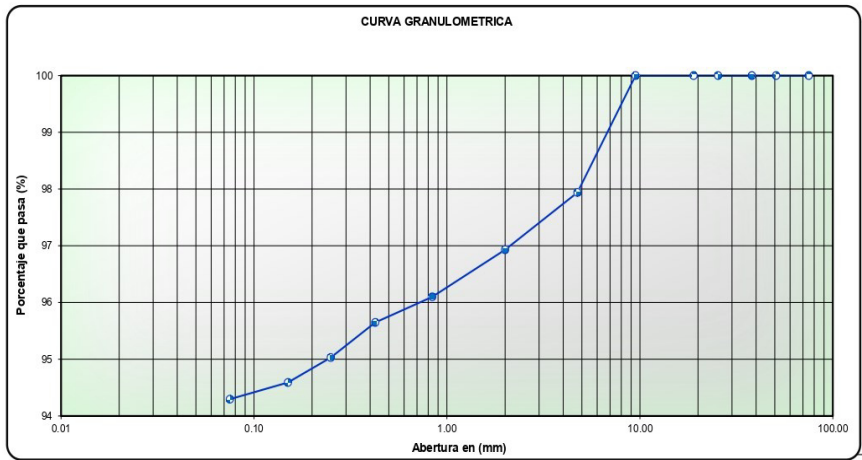


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura
CÓDIGO :	ESY 001-02-C3M1-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.
CALICATA :	C-03
MUESTRA :	M-01
PROF. (m) :	0.30-1.35
N.F. :	-
FECHA :	28/05/21
HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 506 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava : 10 gr. 2.1% D60 = 0.05 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena : 18 gr. 3.6% D30 = 0.02 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 : 477 gr. 94.3% D10 = 0.01 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu : 6.00 Cc : 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 4	4.75	10.4	2.1	2.1	97.9	Límite Líquido : 34
N° 10	2.00	5.1	1.0	3.1	96.9	Límite Plástico : 23
N° 20	0.84	4.2	0.8	3.9	96.1	Índice Plástico : 11
N° 40	0.43	2.3	0.5	4.4	95.6	
N° 60	0.25	3.1	0.6	5.0	95.0	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 100	0.15	2.2	0.4	5.4	94.6	A.A.S.H.T.O A-6(11)
N° 200	0.08	1.5	0.3	5.7	94.3	S.U.C.S. CL
< N° 200	0.00	477.0	94.3	100.0	0.0	Arcilla de baja plasticidad arenosa con grava



Observaciones:

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 17277

Figura 30

Clasificación SUCS C-03, M-02

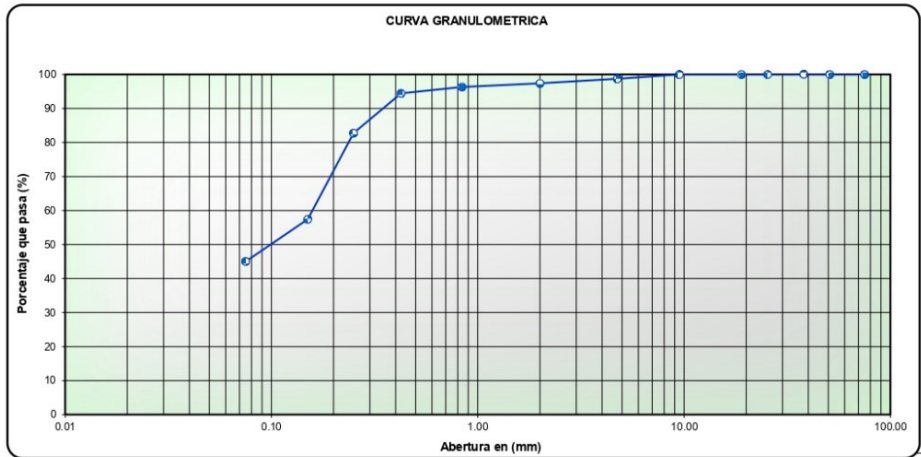


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-C3M2-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurín.		
CALICATA :	C-03	N.F. :	1.80
MUESTRA :	M-02	FECHA :	26/05/21
PROF. (m) :	1.35-1.80	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 515 gr.			
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava	6 gr.	1.3%	D60 = 0.16 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena	276 gr.	53.7%	D30 = 0.05 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200	232 gr.	45.0%	D10 = 0.02 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu	9.61	Cc	1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LÍMITES DE CONSISTENCIA			
N° 4	4.75	6.5	1.3	1.3	98.7	Limite Líquido : 29			
N° 10	2.00	7.1	1.4	2.6	97.4	Limite Plástico : 20			
N° 20	0.84	5.3	1.0	3.7	96.3	Indice Plástico : 9			
N° 40	0.43	9.8	1.9	5.6	94.4	CLASIFICACIÓN DEL SUELO			
N° 60	0.25	60.1	11.7	17.3	82.7	A.A.S.H.T.O A-4(1)			
N° 100	0.15	130.2	25.3	42.6	57.4	S.U.C.S. SC			
N° 200	0.08	63.9	12.4	55.0	45.0	Arena arcillosa			
< N° 200	0.00	231.6	45.0	100.0	0.0				



Observaciones:

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CPB N° 7777

Figura 31

Resultado Ensayo Triaxial CU – Parámetros totales

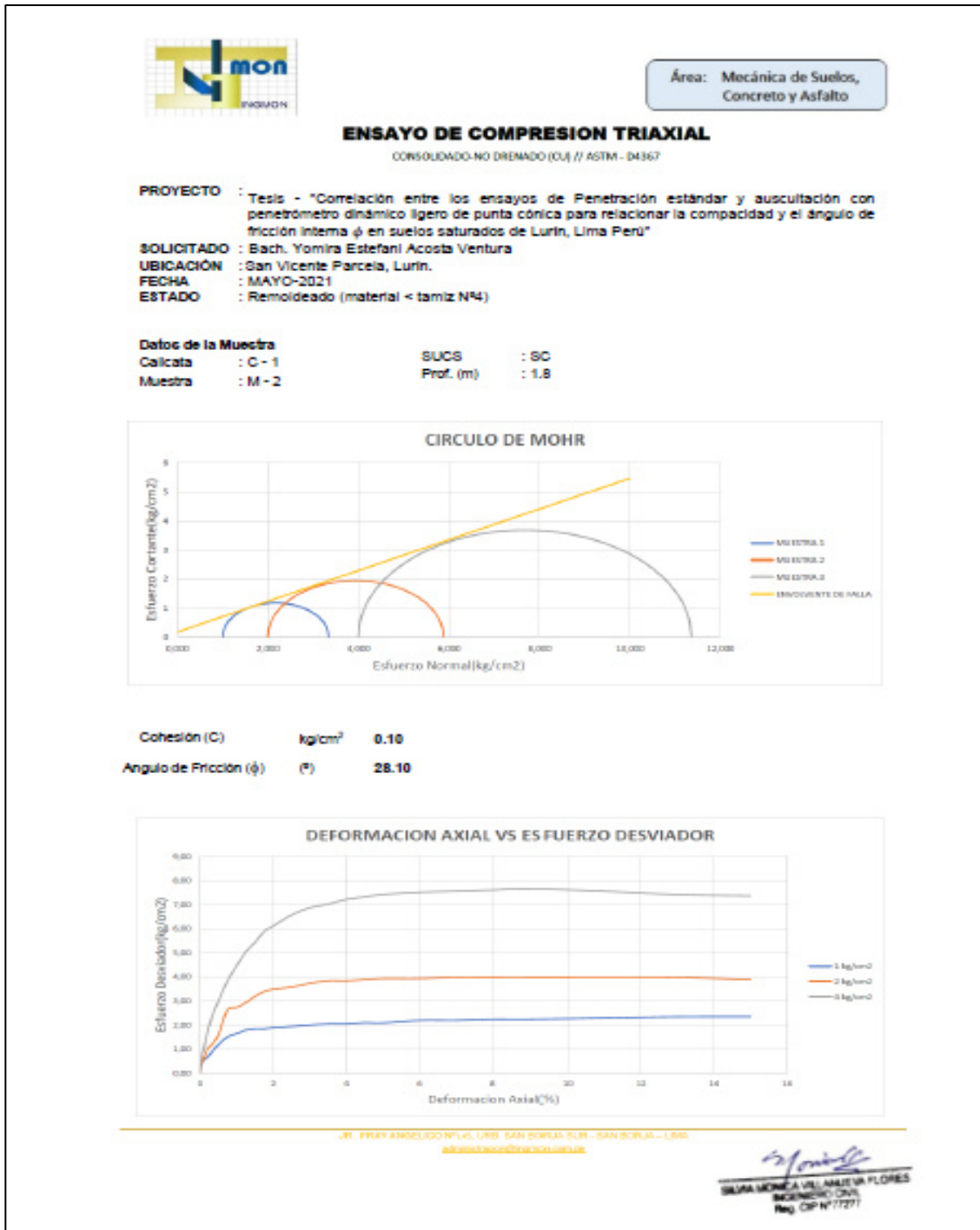


Figura 32

## Resultado Ensayo Triaxial CU – Parámetros efectivo



Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

CONSOLIDADO-NO DRENADO (CU) // ASTM - D4367

**PROYECTO** : Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna  $\phi$  en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"

**SOLICITADO** : Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura

**UBICACIÓN** : San Vicente Parcela, Lurín.

**FECHA** : MAYO-2021

**ESTADO** : Remoldeado (material < tamiz N°4)

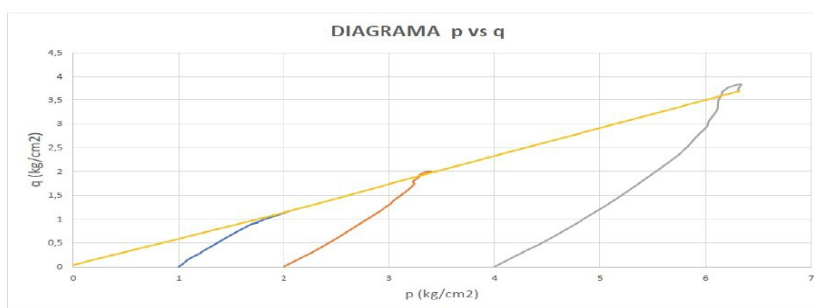
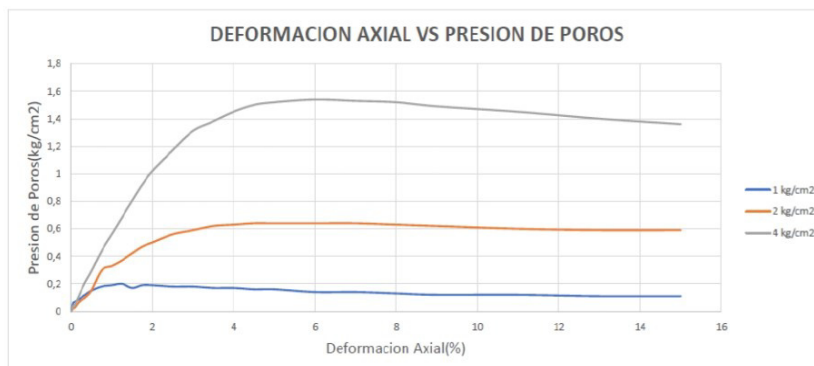
#### Datos de la Muestra

Calicata : C - 1

SUCS : SC

Muestra : M - 2

Prof. (m) : 1.8



$$c' = 0$$

$$\phi' = 30.5^\circ$$

JR. FRAY ANGELICO N°146, URB. SAN BORJA SUR - SAN BORJA - LIMA  
[administracion@ingmon.com.pe](mailto:administracion@ingmon.com.pe)

*Silvia Monica Villanueva Flores*  
**SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277

Figura 33

Clasificación SUCS SPT - 01, M-01



Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

**DATOS DE LA MUESTRA**

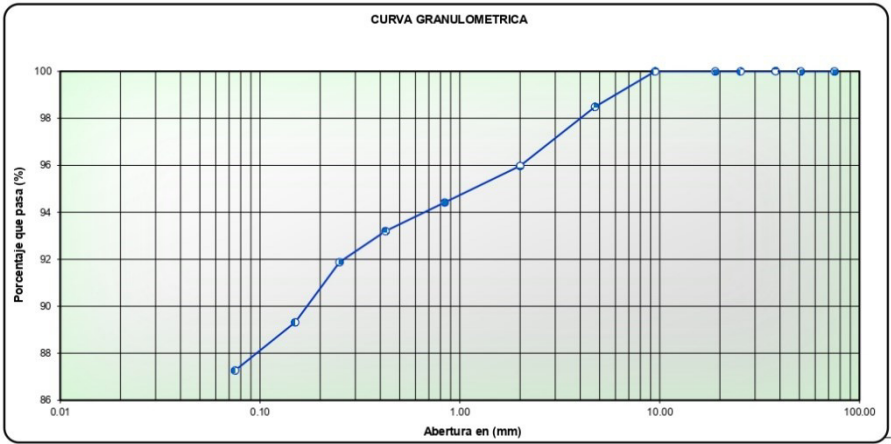
PROYECTO : Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"

SOLICITA : Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura CÓDIGO : ESY 001-02-SPT1M1-2021-INGMON/YA

UBICACIÓN : San Vicente Parcela, Lurin.

CALICATA : SPT-01 N.F. : -  
MUESTRA : M-01 FECHA : 26/05/21  
PROF. (m) : 1.00-1.45 HECHO POR : YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 205 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 3 gr. 1.5% D60 = 0.05 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 23 gr. 11.2% D30 = 0.03 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 179 gr. 87.3% D10 = 0.01 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 6.00 Cc 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 4	4.75	3.1	1.5	1.5	98.5	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 10	2.00	5.1	2.5	4.0	96.0	Límite Líquido : 30
N° 20	0.84	3.2	1.6	5.6	94.4	Límite Plástico : 21
N° 40	0.43	2.5	1.2	6.8	93.2	Índice Plástico : 9
N° 60	0.25	2.7	1.3	8.1	91.9	
N° 100	0.15	5.2	2.6	10.7	89.3	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 200	0.08	4.2	2.0	12.7	87.3	A.A.S.H.T.O A-4(7)
< N° 200	0.00	178.9	87.3	100.0	0.0	S.U.C.S. CL
Arcilla de baja plasticidad arenosa con grava						



Observaciones:

**SILVANA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 17277

Figura 34

Clasificación SUCS SPT - 01, M-02

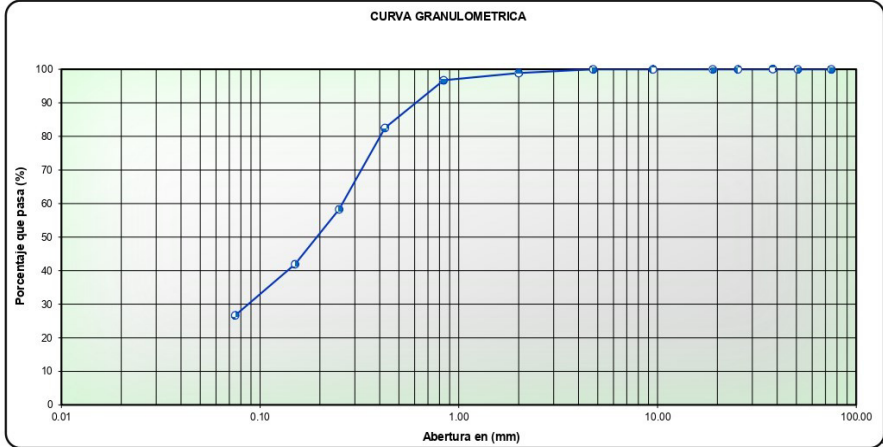


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT1M2-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.		
CALICATA :	SPT-01	N.F. :	-
MUESTRA :	M-02	FECHA :	26/05/21
PROF. (m) :	2.00-2.45	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 200 gr.			
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava	0 gr.	0.0%	D60 = 0.26 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena	147 gr.	73.3%	D30 = 0.09 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200	53 gr.	26.7%	D10 = 0.03 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu	9.35	Cc	1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LÍMITES DE CONSISTENCIA			
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	Límite Líquido	: NP		
N° 10	2.00	2.2	1.1	1.1	98.9	Límite Plástico	: NP		
N° 20	0.84	4.3	2.2	3.3	96.8	Índice Plástico	: NP		
N° 40	0.43	28.4	14.2	17.5	82.6	CLASIFICACIÓN DEL SUELO			
N° 60	0.25	48.6	24.3	41.8	58.3	A.A.S.H.T.O	A-2-4()		
N° 100	0.15	32.6	16.3	58.1	42.0	S.U.C.S.	SM		
N° 200	0.08	30.5	15.3	73.3	26.7	Arena limosa			
< N° 200	0.00	53.4	26.7	100.0	0.0				



Observaciones: \_\_\_\_\_  
  
 SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP N° 77271  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



Figura 35

Clasificación SUCS SPT - 01, M-03



Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

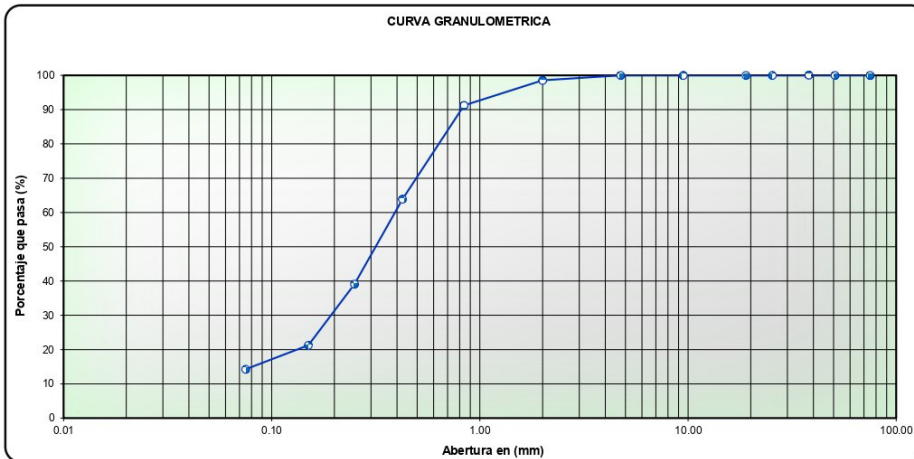
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

**DATOS DE LA MUESTRA**

PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT1M3-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurín.		
CALICATA :	SPT-01	N.F. :	-
MUESTRA :	M-03	FECHA :	28/05/21
PROF. (m) :	3.00-3.45	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 206 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava : 0 gr. 0.0% D60 = 0.40 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena : 177 gr. 85.7% D30 = 0.20 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 : 29 gr. 14.3% D10 = 0.05 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu : 7.56 Cc : 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	Limite Líquido : NP
N° 10	2.00	3.0	1.5	1.5	98.5	Limite Plástico : NP
N° 20	0.84	15.0	7.3	8.7	91.3	Indice Plástico : NP
N° 40	0.43	56.4	27.4	36.1	63.9	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 60	0.25	51.0	24.8	60.9	39.1	A.A.S.H.T.O : A-2-4()
N° 100	0.15	36.8	17.9	78.7	21.3	S.U.C.S. : SM
N° 200	0.08	14.4	7.0	85.7	14.3	Arena limosa
< N° 200	0.00	29.4	14.3	100.0	0.0	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Observaciones:

*Silvia*  
SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 17271

Figura 36

Clasificación SUCS SPT - 01, M-04



Área: Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

**DATOS DE LA MUESTRA**

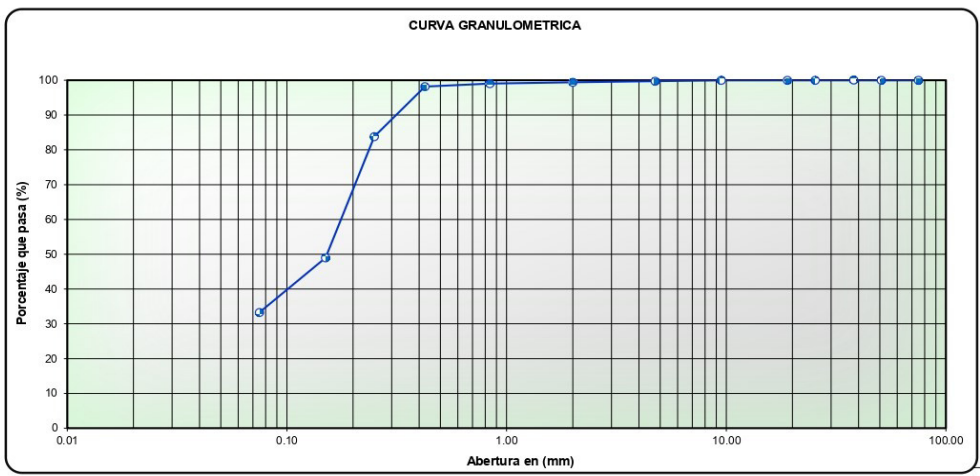
PROYECTO : Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"

SOLICITA : Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura CÓDIGO : ESY 001-02-SPT1M4-2021-INGMON/YA

UBICACIÓN : San Vicente Parcela, Lurin.

CALICATA : SPT-01 N.F. : -  
 MUESTRA : M-04 FECHA : 27/05/21  
 PROF. (m) : 4.00-4.45 HECHO POR : YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 210 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 1 gr. 0.3% D60 = 0.18 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 139 gr. 66.4% D30 = 0.07 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 70 gr. 33.3% D10 = 0.02 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 8.06 Cc 1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
N° 4	4.75	0.6	0.3	0.3	99.7	Limite Líquido : NP
N° 10	2.00	0.6	0.3	0.6	99.4	Limite Plástico : NP
N° 20	0.84	0.8	0.4	1.0	99.0	Indice Plástico : NP
N° 40	0.43	1.8	0.8	1.8	98.2	
N° 60	0.25	30.2	14.4	16.2	83.8	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 100	0.15	73.1	34.8	51.0	49.0	A.A.S.H.T.O A-2-4(I)
N° 200	0.08	32.9	15.7	66.7	33.3	S.U.C.S. SM
< N° 200	0.00	69.9	33.3	100.0	0.0	Arena limosa



Observaciones:

SILMA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77271



Figura 37

Clasificación SUCS SPT - 01, M-05

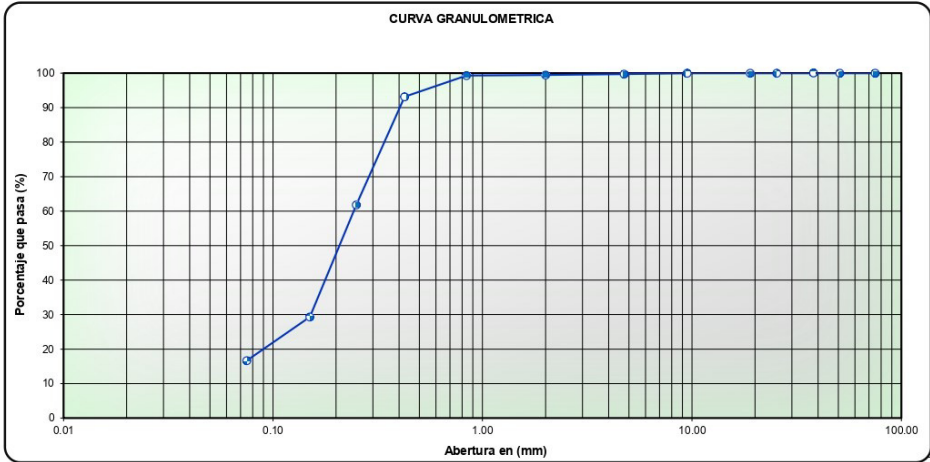


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura
CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT1M5-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurín.
CALICATA :	SPT-01
MUESTRA :	M-05
PROF. (m) :	5.00-5.45
N.F. :	-
FECHA :	27/05/21
HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 215 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 1 gr. 0.3% D60 = 0.24 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 179 gr. 83.0% D30 = 0.15 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 36 gr. 16.7% D10 = 0.04 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 5.44 Cc 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 4	4.75	0.6	0.3	0.3	99.7	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 10	2.00	0.5	0.2	0.5	99.5	Limite Líquido : NP
N° 20	0.84	0.3	0.2	0.7	99.3	Limite Plástico : NP
N° 40	0.43	13.3	6.2	6.9	93.1	Indice Plástico : NP
N° 60	0.25	67.4	31.3	38.2	61.8	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 100	0.15	69.9	32.5	70.7	29.3	A.A.S.H.T.O A-2-4(0)
N° 200	0.08	27.2	12.6	83.3	16.7	S.U.C.S. SM
< N° 200	0.00	35.9	16.7	100.0	0.0	Arena limosa



Observaciones: \_\_\_\_\_

SILMA MONÉCA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CP. N° 17227

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Figura 38

Clasificación SUCS SPT - 02, M-01

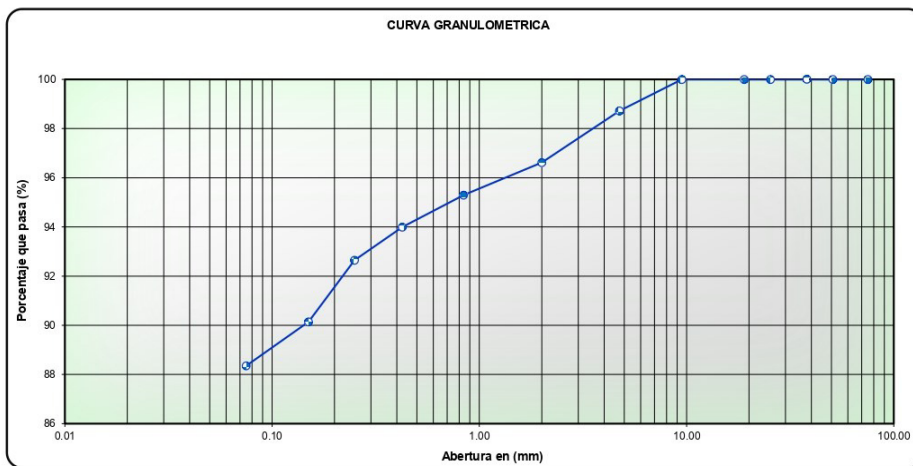


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA	
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura
CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT2M1-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.
CALICATA :	SPT-02
MUESTRA :	M-01
PROF. (m) :	1.00-1.45
N.F. :	-
FECHA :	26/05/21
HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 201 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava : 3 gr. 1.3% D60 = 0.05 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena : 21 gr. 10.4% D30 = 0.03 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 : 177 gr. 88.4% D10 = 0.01 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu : 6.00 Cc : 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>						
N° 4	4.75	2.6	1.3	1.3	98.7	Límite Líquido : 38
N° 10	2.00	4.2	2.1	3.4	96.6	Límite Plástico : 28
N° 20	0.84	2.7	1.3	4.7	95.3	Índice Plástico : 11
N° 40	0.43	2.6	1.3	6.0	94.0	
N° 60	0.25	2.7	1.3	7.4	92.6	
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>						
N° 100	0.15	5.0	2.5	9.9	90.1	A.A.S.H.T.O : A-6(11)
N° 200	0.08	3.6	1.8	11.6	88.4	S.U.C.S. : ML
< N° 200	0.00	177.3	88.4	100.0	0.0	Limo baja plasticidad



Observaciones:

SILVANA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP N° 77271

Figura 39

Clasificación SUCS SPT - 02, M-02

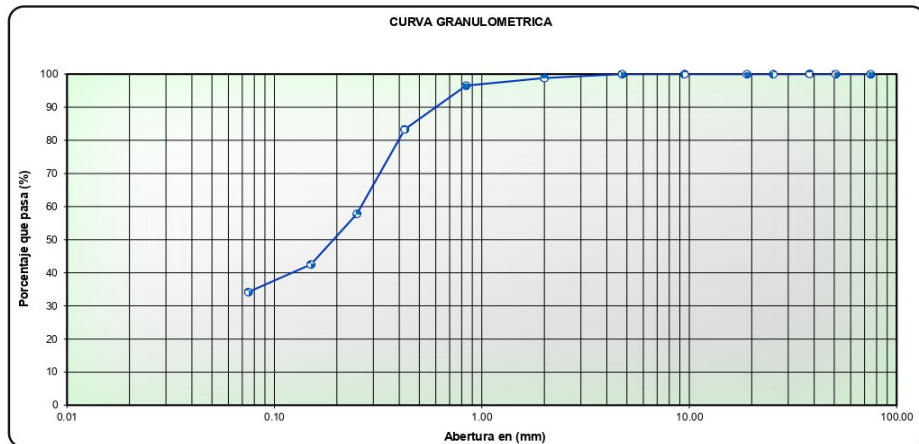


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT2M2-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.		
CALICATA :	SPT-02	N.F. :	-
MUESTRA :	M-02	FECHA :	26/05/21
PROF. (m) :	2.00-2.45	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 200 gr.		
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava	0 gr.	0.0% D60 = 0.27 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena	132 gr.	65.8% D30 = 0.07 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200	68 gr.	34.2% D10 = 0.02 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu	12.09	Cc 1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	Límite Líquido	: NP	
N° 10	2.00	2.4	1.2	1.2	98.8	Límite Plástico	: NP	
N° 20	0.84	4.5	2.3	3.5	96.5	Índice Plástico	: NP	
N° 40	0.43	26.5	13.2	16.7	83.3	CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
N° 60	0.25	51.0	25.5	42.2	57.8	A.A.S.H.T.O A-2-4(1)		
N° 100	0.15	30.6	15.3	57.5	42.5	S.U.C.S. SM		
N° 200	0.08	16.6	8.3	65.8	34.2	Arena limosa		
< N° 200	0.00	68.4	34.2	100.0	0.0			



Observaciones:

**SILMA MONICA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277

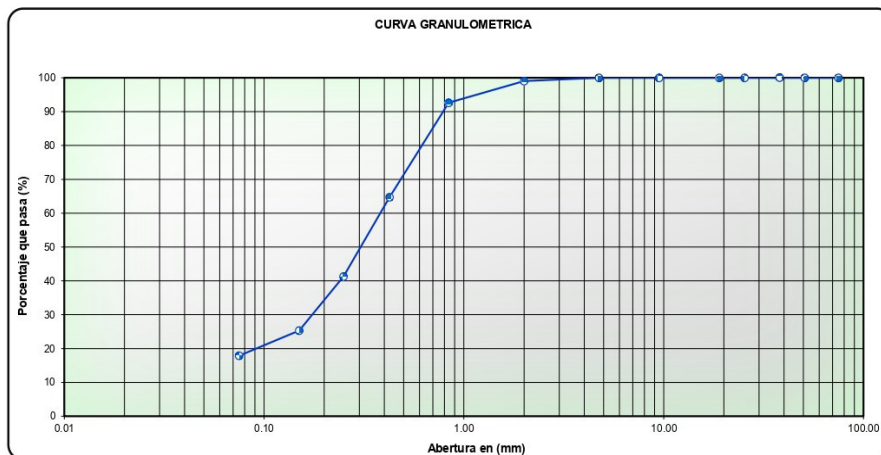
Figura 40

Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 3



Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1995, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88						
DATOS DE LA MUESTRA						
PROYECTO : Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"						
SOLICITA : Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura			CÓDIGO : ESY 001-02-SPT2M3-2021-INGMON/YA			
UBICACIÓN : San Vicente Parcela, Lurín.						
CALICATA : SPT-02		N.F. :		-		
MUESTRA : M-03		FECHA :		26/05/21		
PROF. (m) : 3.00-3.45		HECHO POR :		YAV		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 211 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 0 gr. 0.0% D60 = 0.39 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 173 gr. 82.1% D30 = 0.18 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 38 gr. 17.9% D10 = 0.04 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 9.29 Cc 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 10	2.00	2.1	1.0	1.0	99.0	Límite Líquido : NP
N° 20	0.84	13.4	6.4	7.4	92.6	Límite Plástico : NP
N° 40	0.43	58.8	27.9	35.3	64.7	Índice Plástico : NP
N° 60	0.25	49.4	23.4	58.7	41.3	
N° 100	0.15	33.6	16.0	74.7	25.3	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 200	0.08	15.7	7.5	82.1	17.9	A.A.S.H.T.O A-2-4)
< N° 200	0.00	37.7	17.9	100.0	0.0	S.U.C.S. SM
						Arena limosa



Observaciones:

  
**SILMA MONICA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277

Figura 41

Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 4

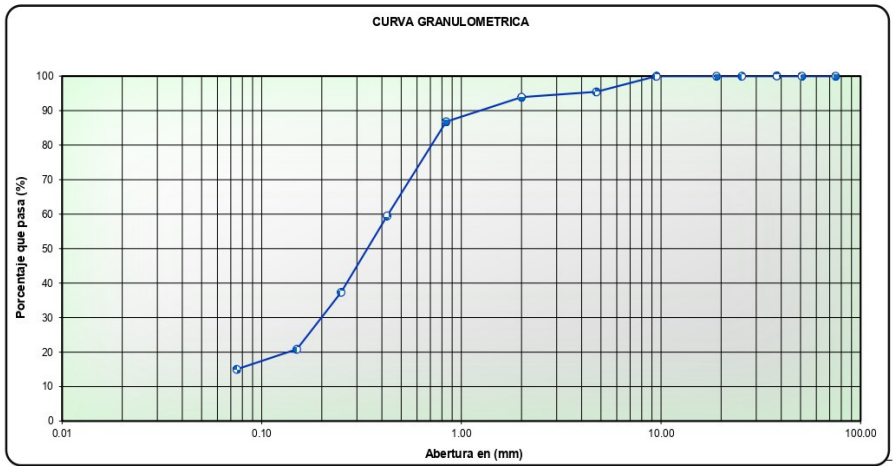


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT2M4-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurin.		
CALICATA :	SPT-02	N.F. :	-
MUESTRA :	M-04	FECHA :	27/05/21
PROF. (m) :	4.00-4.45	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 220 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava 10 gr. 4.6% D60 = 0.43 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena 177 gr. 80.4% D30 = 0.21 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 33 gr. 15.0% D10 = 0.05 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu 8.67 Cc 2
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 4	4.75	10.0	4.6	4.6	95.5	Limite Líquido : NP
N° 10	2.00	3.4	1.5	6.1	93.9	Limite Plástico : NP
N° 20	0.84	15.6	7.1	13.2	86.8	Indice Plástico : NP
N° 40	0.43	60.1	27.3	40.5	59.5	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 60	0.25	48.7	22.1	62.6	37.4	A.A.S.H.T.O A-2-4(1)
N° 100	0.15	36.4	16.5	79.2	20.8	S.U.C.S. SM
N° 200	0.08	12.7	5.8	85.0	15.0	Arena limosa
< N° 200	0.00	33.1	15.0	100.0	0.0	



Observaciones:

*Silvia Mónica Villanueva Flores*  
SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
INGENIERO CIVIL  
REG. CP N° 77271



Figura 42

Clasificación SUCS SPT - 02, M-0 5

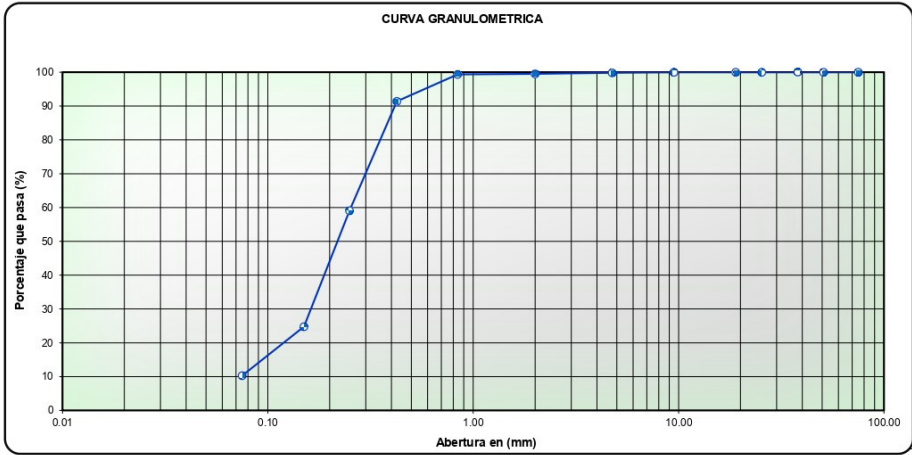


Área: Mecánica de Suelos,  
Concreto y Asfalto

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128:1999, MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA			
PROYECTO :	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"		
SOLICITA :	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura	CÓDIGO :	ESY 001-02-SPT2M5-2021-INGMON/YA
UBICACIÓN :	San Vicente Parcela, Lurín.		
CALICATA :	SPT-02	N.F. :	-
MUESTRA :	M-05	FECHA :	27/05/21
PROF. (m) :	5.00-5.45	HECHO POR :	YAV

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso Total : 211 gr.
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	Grava : 0 gr. 0.1% D60 = 0.25 mm.
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena : 189 gr. 89.6% D30 = 0.17 mm.
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	< N° 200 : 22 gr. 10.3% D10 = 0.07 mm.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	Cu : 3.50 Ce : 1
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES DE CONSISTENCIA
N° 4	4.75	0.3	0.1	0.1	99.9	Límite Líquido : NP
N° 10	2.00	0.7	0.3	0.5	99.5	Límite Plástico : NP
N° 20	0.84	0.4	0.2	0.7	99.3	Índice Plástico : NP
N° 40	0.43	16.8	8.0	8.6	91.4	
N° 60	0.25	68.0	32.3	40.9	59.1	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 100	0.15	72.3	34.3	75.2	24.8	A.A.S.H.T.O : A-3()
N° 200	0.08	30.5	14.5	89.7	10.3	S.U.C.S. : SP SM
< N° 200	0.00	21.7	10.3	100.0	0.0	Arena mal graduada con limo



Observaciones:

SILVIA MONICA VILLALÓN FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277

## ANEXO B.

## Perfil estratigráfico

## Figura 43

## Perfil Estratigráfico C-01

FICHA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO								
PROYECTO	:	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactación y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"						
SOLICITANTE	:	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura						
UBICACIÓN	:	San Vicente Parcela, Lurín.						
EXPLORACIÓN	:	C 01						
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	1.8						
PROFUNDIDAD NF	:	1.8						
FECHA	:	22/05/2021						
Prof. (mt.)	Esp. Estr.	N° de Muest.	Descripción visual			Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	Nombre
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad;					
			Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros:					
			Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.					
0.00 0.30	0.30	-	Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.30m de color marrón oscuro y de ligera humedad			Pt		C-1
1.40	1.10	M-1	El estrato subyacente está conformado limo de baja plasticidad, color marrón claro, de ligera humedad, con presencia de finos ligeramente plásticos y compactación media. Sin presencia de gravas. A la profundidad excavada no se encontró nivel freático.			ML		
1.80	0.40	M-2	El estrato subyacente desde 1.40m hasta 1.80m está conformado por arena arcillosa color marrón oscuro, alta humedad, con presencia de finos plásticos, sin presencia de bolonería. A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.			SC		
<b>Croquis:</b>				<b>Foto:</b>				
Realizado por: Bach. Yomira E. Acosta Ventura				Revisado y aprobado por:  Nombre y Apellido: SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 77277				

Figura 44

## Perfil Estratigráfico C-02

FICHA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO						
PROYECTO	:	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactidad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"				
SOLICITANTE	:	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura				
UBICACIÓN	:	San Vicente Parcela, Lurín.				
EXPLORACIÓN	:	C 02				
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	1.8				
PROFUNDIDAD NF	:	1.8				
FECHA	:	22/05/2021				

Prof. (mt.)	Esp. Estr	N° de Muest.	Descripción visual	Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	Nombre
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactidad / consistencia; Otros: Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.			
0.00 0.20	0.20	-	Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.20m de color marrón oscuro y de ligera humedad	Pt		C-2
1.35	1.10	M-1	Estrato de 0.20m hasta 1.35m de arcilla limosa color marrón claro, de ligera humedad, con presencia de finos plásticos y compactidad media. Sin presencia de gravas.	CL		
1.80	0.45	M-2	El estrato subyacente desde 1.35m hasta 1.80 está conformado arena arcillosa color marrón oscuro, de alta humedad, con presencia de finos plásticos, sin presencia de bolonería. A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.	SC		

<b>Croquis:</b>	<b>Foto:</b>

Realizado por:

Bach. Yomira E. Acosta Ventura

Revisado y aprobado por:

Nombre y Apellido:  
CIP:
  
**SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277



**Figura 45**

*Perfil estratigráfico C-03*

<b>FICHA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO</b>	
PROYECTO	: Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactidad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"
SOLICITANTE	: Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura
UBICACIÓN	: San Vicente Parcela, Lurín.
EXPLORACIÓN	: C 03
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: 1.8
PROFUNDIDAD NF	: 1.8
FECHA	: 22/05/2021

Prof. (mt.)	Esp. Estr	Nº de Muest.	Descripción visual	Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	Nombre
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactidad / consistencia; Otros: Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.			
0.00 0.30	0.30	-	Presenta una capa de material con vegetación y raíces con espesor de 0.30m de color marrón oscuro y de ligera humedad	Pt		C-3
1.30	1.00	M-1	El estrato subyacente está conformado de arcilla limosa color marrón claro, de ligera humedad, con presencia de finos plásticos y compactidad media. Sin presencia de gravas.	CL		
1.80	0.40	M-2	El estrato subyacente desde 1.30m hasta 1.80m está conformado arena arcillosa color marrón oscuro, de alta humedad, con presencia de finos ligeramente plásticos, sin presencia de bolonería. A la profundidad 1.80m se encontró nivel freático.	SC		

**Croquis:**



**Foto:**



Realizado por:

Bach. Yomira E. Acosta Ventura

Revisado y aprobado por:

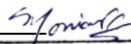
Nombre y Apellido:   
 CIP: SILVIA MONCA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77277

Figura 46

Perfil estratigráfico SPT - 01

FICHA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO							
PROYECTO	Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"						
REALIZADO	Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura						
UBICACIÓN	San Vicente Parcela, Lurin.						
EXPLORACIÓN	SPT -01						
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	5						
PROFUNDIDAD NF	1.8						
FECHA	22/05/2021						
Prof. (mt.)	Esp. Estr.	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo		Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	Nombre
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad;	Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros:			
0.00 1.00-1.45		0.45 M-01	Arcilla de baja plasticidad .color marron oscuro. Consistencia media. Presencia de humedad.ligeramente plastico 1.5%de grava, 11.2% de arena y un 87.3 % de finos.		CL		SPT -01
1.80 2.00-2.45		0.45 M-02	Arena limosa.color marron claro. Compacidad muy suelta. Presencia ligera de humedad .ligeramente plástica. 0% de grava, 73.3% de arena y un 28.7% de finos.		SM		
3.00-3.45		0.45 M-03	Arena limosa.color marron claro. Compasidad firme. Presencia de ligera humedad .ligeramente plástica. 0% de grava, 85.7% de arena y un 14.3% de finos. Se encontró un lente de arcilla color plomo a 2.80m.		SM		
4.00-4.45		0.45 M-04	Arena limosa.color marron oscuro. Compasidad muy firme. Presencia de humedad .ligeramente plástica. 0.3% de grava, 66.4% de arena y un 33.3% de finos.		SM		
5.00-5.45		0.45 M-05	Arena limosa.color gris oscuro. Compasidad muy firme. Presencia de humedad .ligeramente plástica. 0.3% de grava, 83% de arena y un 16% de finos.		SM		
Croquis:			Foto:				

Realizado por:

Bach. Yomira E. Acosta Ventura

Revisado y aprobado por:

Nombre y Apellido:   
 CIP: SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N°17271

Figura 47

## Perfil estratigráfico SPT – 02

FICHA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO	
PROYECTO	: Tesis - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurín, Lima Perú"
REALIZADO	: Bach. Yomira Estefani Acosta Ventura
UBICACIÓN	: San Vicente Parcela, Lurin.
EXPLORACIÓN	: <b>SPT -02</b>
PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: <b>5</b>
PROFUNDIDAD NF	: <b>1.8</b>
FECHA	: <b>22/05/2021</b>

Prof. (mt.)	Esp. Estr	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo		Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	Nombre
			Clasificación técnica, forma del material granular, color, contenido de humedad;	Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros:			
0.00 1.00-1.45	0.45	M-01	Limo de baja plasticidad, color marrón oscuro. Compacidad media. Presencia de humedad, ligeramente plástico. 1.3% de grava, 10.4 de arena y un 88.4 % de finos.		ML		SPT -02
1.80 2.00-2.45	0.45	M-02	Arena limosa, color marrón claro. Compacidad muy suelta, ligeramente húmeda, con ligera plasticidad. 0% de grava, 65.8% de arena y un 34.2% de finos.		SM		
3.00-3.45	0.45	M-03	Arena limosa, color marrón claro. Compacidad muy firme. Presencia de humedad, ligeramente plástica. 0% de grava, 73.3% de arena y un 28.7% de finos.		SM		
4.00-4.45	0.45	M-04	Arena limosa, color marrón claro. Compacidad densa. Ligera presencia de humedad, ligeramente plástica. 4.6% de grava, 80.4% de arena y un 15% de finos.		SM		
5.00-5.45	0.45	M-05	Arena pobremente gradada con limo. Color marrón oscuro. Compacidad densa, presencia ligera de humedad y plasticidad. .0.1% de grava, 89.6% de arena y un 10.3% de finos.		SP-SM		



Realizado por:

Bach. Yomira E. Acosta Ventura

Revisado y aprobado por:

Nombre y Apellido:   
 CIP: SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 77271

## ANEXO C.

## Certificados de Calibración

## Figura 48.

## Certificado de Calibración Equipo DPL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO - 087**

Página : 1 de 2

Expediente : T 161  
Fecha de emisión : 09/02/21

1. Solicitante : INGMON S.A.C.  
Dirección : JR. FRAY ANGELICO NRO. 145 URB. SAN BORJA SUR - SAN BORJA - LIMA

2. Instrumento de Medición : PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERO  
Marca : NO INDICA  
Modelo : NO INDICA  
Serie : NO INDICA  
Material : FIERRO

3. Lugar y fecha de Calibración  
JR. ANHELI N°830 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA  
04 - Febrero -2021

4. Método de Calibración  
Calibración se realizó tomando como referencia la Norma NTP 339.159

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	METTLER TOLEDO	15 - 01 - 2021	Punto de Precisión

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,4	25,4
Humedad %	44	44

7. Observaciones  
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Figura 49

Certificado de Calibración Equipo DPL – Punta

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LO - 087

Página : 2 de 2

Resultados :

	Diámetro de la punta	Peso del martinete	Punta cónica	Altura de caída	Peso del dispositivo de introducción sin martinete Max.
	mm	kg		m	kg
DPL	35,7 ± 0,3	10 ± 0,1	60 °	0,5 ± 0,01	6
MEDIDAS TOMADAS	34,85	9,923	58 °	0,51	3,542
	34,89	9,923	58 °	0,52	3,542
	34,88	9,923	58 °	0,54	3,542
	34,87	9,923	58 °	0,51	3,542
	34,85	9,923	58 °	0,57	3,542
promedio	34,87	9,923	58 °	0,53	3,542
Error	-0,83	-0,077	-2 °	0,03	-2,458

FIN DEL DOCUMENTO



**Figura 50**

*Certificado de Calibración Equipo SPT*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO - 086**

Página : 1 de 2

Expediente : T 161  
 Fecha de emisión : 10 - 03 - 21

**1. Solicitante : INGMON S.A.C.**  
 Dirección : JR. FRAY ANGELICO NRO. 145 URB. SAN BORJA SUR - SAN BORJA - LIMA

**2. Instrumento de Medición : ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR**  
 Marca : NO INDICA  
 Serie : NO INDICA  
 Material : NO INDICA  
 Color : MARRÓN

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados, ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
 JR. ANHELI NRO. 830 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA  
**08 - Marzo - 2021**

**4. Método de Calibración**  
 Calibración se realizo tomando como referencia la Norma ASTM D 1586 y NTP 339.133

**5. Trazabilidad**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	YAOHUA	LM - 005 - 2021	Punto de Precisión

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,5	25,4
Humedad %	45	45

**7. Observaciones**  
 Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
 Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"

Figura 51

Certificado de Calibración Equipo SPT – Caña partida

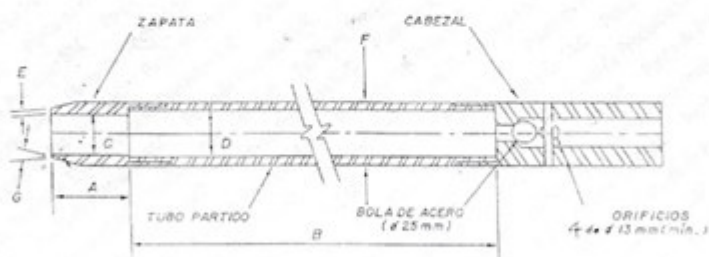
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO - 086

Página : 2 de 2

Resultados :

PESO DEL MARTILLO	ESTANDAR	ERROR
kg	kg	kg
63,76	63,5	0,26

CAÑA PARTIDA



DIMENSIONES	A	B	C	D	E	F	G
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	52,87	532,00	34,95	38,75	2,45	50,99	19

FIN DEL DOCUMENTO

**ANEXO D.**

*Ficha de Registro de Campo*

**Figura 52**

*Ficha de Registro de Campo SPT – 01*

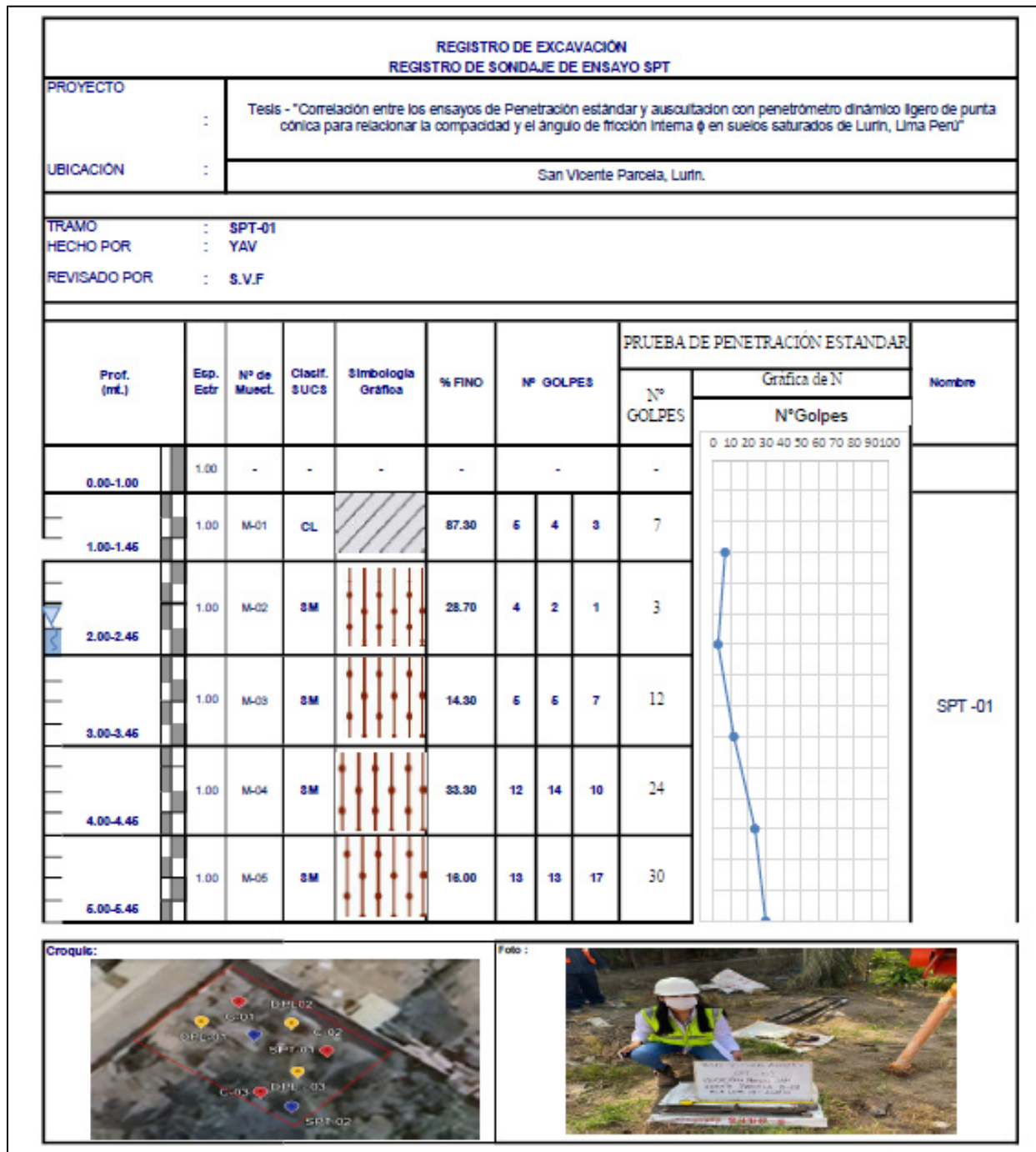

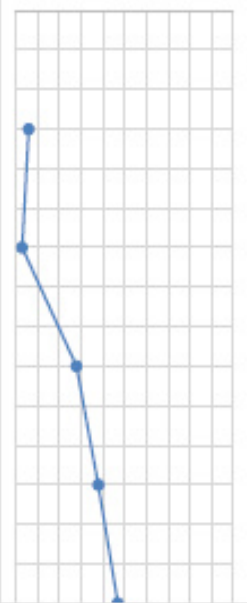


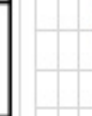







Figura 53

Ficha de Registro de Campo SPT – 02

REGISTRO DE EXCAVACIÓN REGISTRO DE SONDAJE DE ENSAYO SPT											
PROYECTO	: Tests - "Correlación entre los ensayos de Penetración estándar y auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica para relacionar la compactadad y el ángulo de fricción interna $\phi$ en suelos saturados de Lurin, Lima Perú"										
UBICACIÓN	: San Vicente Parcela, Lurin.										
TRAMO	: SPT-01										
HECHO POR	: YAV										
REVISADO POR	: S.V.F										
Prof. (m.)	Esp. Ectr	N° de Muecl.	Clasif. SUCS	Simbología Gráfica	% FINO	PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTANDAR				Nombre	
						N° GOLPES					
						Gráfica de N				SPT-02	
						N°Golpes					
						0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100					
0.00-1.00	1.00	-	-	-	-						
1.00-1.45	1.00	M-01	CL		88.40	4	3	3	6		
2.00-2.45	1.00	M-02	SM		34.20	1	1	2	3		
3.00-3.45	1.00	M-03	SM		17.90	13	12	18	28		
4.00-4.45	1.00	M-04	SM		15.00	11	18	20	38		
5.00-5.45	1.00	M-05	SP-SM		10.30	16	22	26	47		
<b>Croquis:</b>											
					<b>Foto:</b>						
											

ANEXO E

Perfil Longitudinal

